Techn. 4
35
10

Techn. Geissler
35/10

<36605882320012

<36605882320012

Bayer. Staatsbibliothek

# Gemeinnüzzige
# Beiträge
zur
## ausübenden Uhrmacherkunst;
oder
# Nachträge
zum
# Lehrbegrif
## der Uhrmacherkunst.

Von
J. G. Geißler
Mitglied der naturforschenden Gesellschaft in Halle.

Mit Kupfern.

Leipzig, 1799
bei Siegfried Lebrecht Crusius.

# Der Uhrmacher oder Lehrbegrif der Uhrmacherkunst,

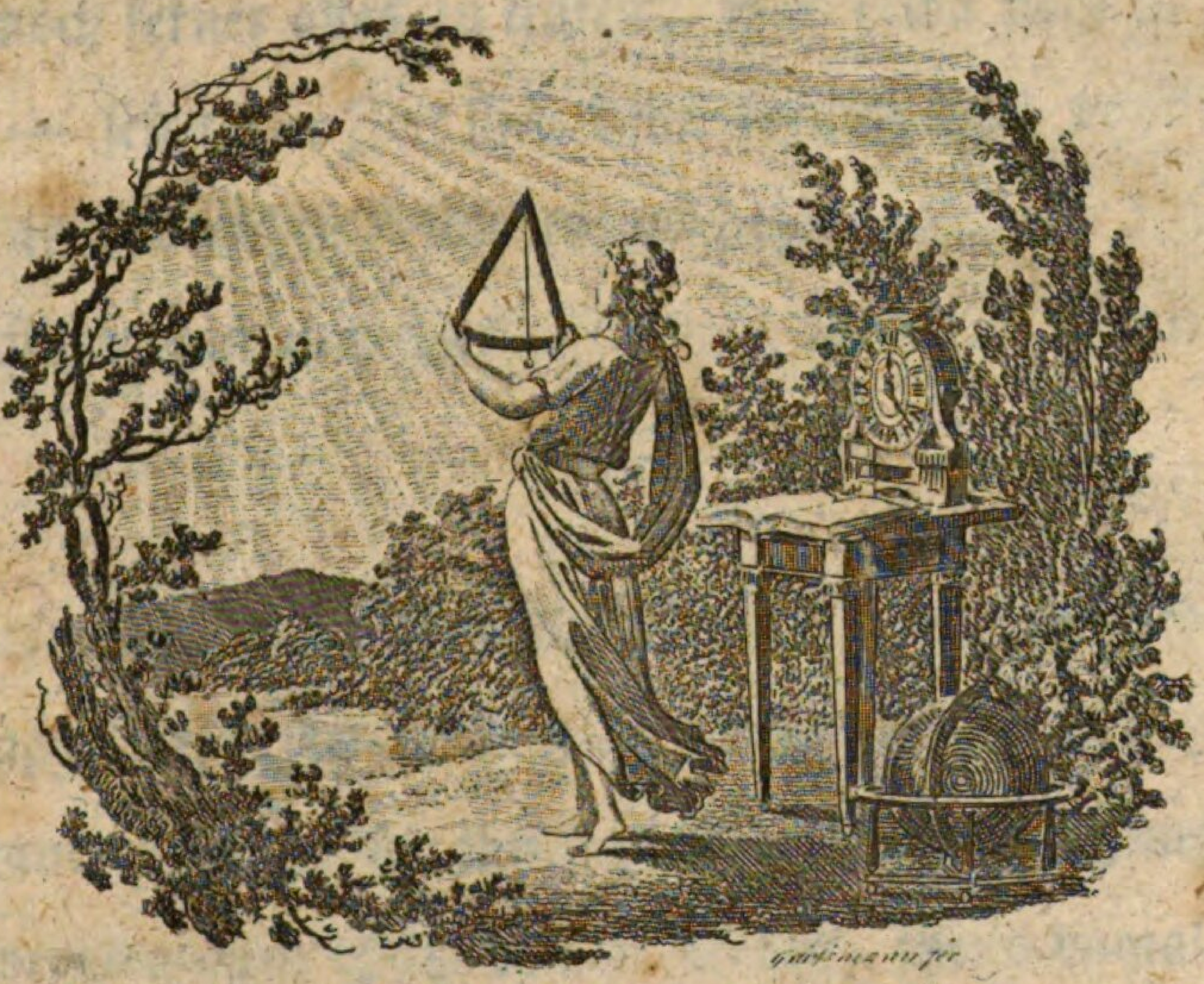
aus den besten englischen, französischen und andern Schriften darüber zusammen getragen, nebst eigenen Bemerkungen und Mittheilungen deutscher Künstler,

herausgegeben

von

J. G. Geißler

Mitglied der naturforschenden Gesellschaft in Halle.



Zehnter Theil.

Mit Kupfern.

Leipzig, 1799

bei Siegfried Lebrecht Crusius.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

# Vorerinnerung.

Seit der Herausgabe meines Lehrbegriffs der Uhrmacherkunst, dessen geneigte Aufnahme mir keineswegs entgangen ist, so daß es mir das größte Vergnügen macht, wenn ich irgend im Stande gewesen bin, dieser so allgemein nutzbaren Kunst einigen Vorschub gethan zu haben, und mich um so mehr aufmuntert, noch ferner alles zu leisten, was etwa noch in meinen Kräften seyn könnte; — seit dieser Zeit sind denn freilich auch verschiedene Beiträge von inn- und ausländischen Künstlern geschehen, die zum Theil als nicht unwichtige Berichtigungen und Verbesserungen in dieser Kunst angesehen werden können.

Ich liefere hier einen Theil der neuesten, und, wie ich hoffe, wichtigsten Bemerkungen dieser Art, womit ich noch einige ältere Abhandlungen über diesen Gegenstand verbinde, die theils zu näherer Berichtigung der in meinem Lehrbegriffe vorgetragenen Sätze dienen werden, theils damals von mir übergangen worden sind. Und da zu gegenwärtigen Zeiten, wo man so vorzüglich die Wichtigkeit einer Uhr hat einsehen lernen, auch immerfort neue Versuche geschehen, so werde ich nicht ermangeln, das, was mir wissend

)( 2 wird,

wird, oder ich eingesendet erhalte, zur Zeit in ähnlichen Nachträgen dem deutschen Uhrmacher und Liebhaber dieser Kunst so zeitig als möglich bekannt zu machen, so wie ich denn verschiedene nicht unwichtige Bemerkungen bereits noch vorräthig liegen habe. Was ich unter angewandter Uhrmacherkunst verstehe, d. i. die Anwendung des Räderwerks auf Orrerien, Planetensysteme u. s. f. werde ich besonders im zweiten Theile meiner Abhandlung über Globen, Koniglobien und andere Hülfsinstrumente zur anschaulichen Kenntniß des Universum, deren erster Theil vielleicht im Kurzen die Presse verlassen wird, anführen.

Ich ersuche nochmals Uhrmacher von Talenten und andre Liebhaber, mich theils mit ihren geneigten Beiträgen zu beehren, theils da zurechte zu weisen, wo ich denn doch gefehlt haben dürfte.

J. G. Geißler.

---

# Inhalt.

I. Geometrische Bestimmung der Figur der Zähne und Triebstecken für den vollkommnen Eingrif; von de la Lande. Seite 3
II. Ueber die Schwungbewegung des Pendulum; von eben demselben. 19
III. Bemerkungen über die Berechnung der Räderwerke; von eben demselben. 38
IV. Versuche über die Wirkungen des Widerstands des Oels und über die Anreibung der ruhenden Hemmung; von Berthoud. 46
V. Versuch an einer Sekundenuhr über die Hemmung; von Berthoud. 47
VI. Verfahren, die Uhr nach der Sonne zu reguliren. 48
VII. Von einem Rostpendulum; von Berthoud. 49
VIII. Pendulum des Herrn Graham. 56
IX. Pendulum des Herrn le Paute. 56
X. Beschreibung eines einfachen Mittels zur Kompensation eines Pendulum; von Herrn Berthoud. 57
XI. Beschreibung einer Pendeluhr mit der Mondsbewegung und Monatstagen 58
XII. Instrument zum Ausschneiden runder Platten; von Herrn Prasse. 60
XIII. Beschreibung eines neuen Pendulum von G. Fordice. 61
XIV. Herrn Prasse's Verfahren in Rücksicht der Verbindung mehrerer Federn zu Erhaltung eines stärkern Zugs. 76
XV. Ueber die Theorie der Bewegung zu Bestimmung der Zeiten der Vibrationen, nebst Mudge's Chronometer; von G. Atwood. 77

XVI. Herrn Prasse's Vorrichtung an den Haken einer Hemmung. 122
XVII. Desselben Vorrichtung zum Heben und Senken eines Pendulum. 123
XVIII. Herrn Conradi's Beobachtungen über Taschenuhren. 124
XIX. Desselben Bemerkungen über das Größenverhältniß der Räder. 129
XX. Beschreibung eines kurzen Pendulum von R. Leslie. 137
XXI. Desselben Beschreibung einer Seetaschenuhr. 139
XXII. Crosthwaite zwei Pendeln. 141
XXIII. Pinne's neues Pendulum. 145
XXIV. Herrn Ch. Haley's neue Hemmung für See- und Taschenzeitmesser. 148

# Gemeinnüzzige
# Beiträge
zur
# ausübenden Uhrmacherkunst;

## I.

# Geometrische Bestimmung der Figur der Zähne und Triebstecken für den vollkommenen Eingriff.

Von Herrn Franz. de la Lande *).

Ehe ich die vorzüglich beste Figur der Zähne eines Rades und der Triebstecken bestimme, welche nach der strengsten geometrischen Schärfe einen vollkommenen Eingriff verstattet, so scheint es nöthig zu sein, vorher zu bestimmen, was man unter vollkommnem Eingriff verstehet; nämlich daß 1) die Kraft, die das Rad anwenden muß, um das Trieb zu bewegen, so gering als möglich sei; 2) daß die Geschwindigkeit, wodurch das Trieb getrieben wird, stets so stark sei, als ihm das Rad zu geben vermag; 3) daß Kraft und Geschwindigkeit vom Eingriffe des Zahns an bis zum Auswechseln desselben sich immer gleich bleiben; 4) daß alle Anreibung der Zähne und Triebstecken soviel als möglich vermieden werde.

Diese Genauigkeit haben die Künstler jederzeit übersehen, da sie dieselbe blos als einen Theil der Geometrie ansahen, welche sie aus Unkunde in der Ausführung nicht zu erreichen glaubten, ohnerachtet die Geometer bereits in dieser Absicht alles geleistet haben, um dieses Vorurtheil zu zerstreuen.

Ich hoffe, daß die große Leichtigkeit, wodurch wir die nothwendigen Krümmungen für den vollkommenen Eingriff durch Hülfe einiger ganz einfachen geometrischen Grundsätze bestimmen wollen, die Künstler anfeuern wird, sich durch eine größere Vollkommenheit ihrer Kunstwerke auszuzeichnen, und ein Verlangen zu äußern, sich die wenigen Hülfsmittel aus der Geometrie, welche zu nachfolgenden Sätzen nothwendig sind, zu erwerben.

 Jeder

*) S. Traité d'Horlogerie par Mr. Lepaute (à Par. 1760 4) p. 230 seqq.

Jeder Künstler weiß nur mehr als zu wohl, daß wenn die Kraft des Rades gegen das Trieb nicht immer gleich stark ist, die bewegende Kraft in einigen Fällen mehr als in andern auf den Regulator wirken werde, so daß denn nothwendig der Gang bald beschleunigt bald vermindert werden muß.

Muß nun aber eine allzu große Kraft angewandt werden, so wird die Maschine durch die allzu starke Anreibung bald abgenutzt und zerstört. Dergleichen übermäßig anzuwendende Kraft findet man oft an großen Uhren, deren man nicht selten sieht, welche mit 120 Pfund Gewicht noch nicht gehen können, wo hingegen, wenn der Eingriff gehörig wäre, einige Pfunde nöthig wären, um sie in Gang zu bringen, und die Anreibung zu überwinden.

Ist die Geschwindigkeit, wodurch das Trieb bewegt wird, nicht immer gleichförmig, so entstehen die nämlichen Hindernisse; das Räderwerk wird übertrieben, und es erfolgt eine Ungleichheit der Bewegung, welche das Zerstören der Maschine nach sich ziehet.

Kraft und Anreibung verhalten sich gegen einander wie ihre wechselseitigen Abänderungen. Herr von Römer war der erste, welcher im vorigen Jahrhunderte den Nutzen, welchen die Geometrie in dieser Absicht leisten könnte, einsahe, (desgleichen de la Hire im 1. Tom. des Mem. de l'Acad. des Sc. vom Jahr 1666 bis 1699). In den Mem. de l'Acad. des Sc. vom Jahr 1755 steht ein vortreflicher Aufsatz des Herrn Camus über diese Materie; so hat auch le Roi vieles aus der Lehre vom Hebel, wie schon vorher de la Hire gethan hatte, sehr faßlich abgehandelt. So weit als es die Sache zuläßt, werde ich mich bemühen, durch die leichtesten Beweise alles noch deutlicher aus einander zu setzen, und mich besonders noch auf einzele Fälle erstrecken, um durch meine Erklärungen jedermann verständlich zu werden.

Ich will daher keinesweges mit allgemeinen Grundsätzen anfangen, so sehr sie auch der Abhandlung ein Ansehen geben, und alle Fälle in sich fassen könnten, sondern vielmehr sogleich den einfachsten Fall eines Rades annehmen, welches in ein Trieb greift, dessen Stäbe blos durch Linien, von dem Mittelpunkte aus gezogen, angedeutet werden, um zu mehr zusammengesetzten Fällen in der Folge schicklicher übergehen zu können. Indessen aber um diese Abhandlung in ihrem ganzen Umfange zu verstehen, ist es nöthig, daß ich vorher einige Eigenschaften der Cykloide genauer zu erklären suche.

Man stelle sich einen Kreis A (Fig. 1) Taf. 1. vor, welcher auf einer geraden Linie C D wie ein Rad auf einer gleichen Fläche laufe, und man wähle auf dem Kreise irgend einen Punkt E, so wird durch die Bewegung des Kreises der Punkt E von dem

Punkte

Punkte C aus, eine krumme Linie C E D beschreiben, welche man die Cykloide nennt; der gegebene Punkt E bis an das Ende seiner Bewegung in D fortgeführt, giebt eine Linie C D, welche dem Umkreise des Zirkels gleich ist.

Wenn der nämliche Kreis A (Fig. 2) Taf. 1. anstatt sich auf einer geraden Linie zu bewegen, sich auf dem Umkreis eines andern Zirkels C M D bewegt, so wird der gegebene Punkt E, von dem Punkte C aus, bis zum Punkte D eine andere krumme Linie C D E beschreiben, welche mehr gebogen ist, und eine Epicykloide genannt wird.

Eben dieser Kreis (cercle generateur) a A (Fig. 2) bewege sich jetzt nicht auf der äußern Oberfläche oder Konvexität des Zirkels, sondern in dem innern Umkreise von G nach H, so durchlauft der gegebene Punkt E, welcher in G war, eine andre Art von Epicykloide G E H; er würde die nämliche Krümmung beschreiben, wenn sein Durchmesser, an Statt von E bis T zu reichen, von E bis zu der entgegengesetzten Seite P des Umkreises groß wäre.

Wenn der Durchmesser des Kreises (Fig. 2) dem halben Umkreise, in welchem er sich bewegt, gleich ist, so wird sein Umkreis stets durch den Mittelpunkt K des Zirkels, welcher ihm zur Grundfläche dient, gehen, und der gegebene Punkt K wird einen Durchmesser I K F des nämlichen Zirkels durchlaufen. Man kann sich durch die Erfahrung leicht davon überzeugen, wenn man zwei Kreise von Pappe ausschneidet, deren Einer ausgehölt, und doppelt so groß gemacht wird als der andere, welcher sich in diesem bewegen soll; überdies läßt es sich auch geometrisch auf folgende Art bestimmen.

Da der Durchmesser des kleinen Zirkels die Hälfte des Durchmessers des großen ist, so wird seine halbe Peripherie K N O dem Quadranten I N des andern Zirkels gleich sein; der gegebene Punkt, welchen ich in K annehmen will, wird also bis zu dem Punkt I gekommen sein, wenn der halbe Zirkel K O N nach und nach den Bogen N I, welcher ihm gleich ist, in allen seinen Punkten berührt haben wird; der Punkt N wird also bis K und der Punkt K bis I gekommen sein, ohne den Halbmesser K I verlassen zu haben. Wollte man inzwischen noch daran zweifeln, daß der Punkt K des Zirkels K O N beständig auf der geraden Linie K I geblieben sei, so nehme man den Bogen N O, welcher der vierte Theil des einen Kreises, und N P, welcher der achte Theil des andern Kreises ist, welcher zur Basis dient, so wird man sehen, daß die zwei Bogen einander gleich sind, und der Punkt O bis P gekommen sei; es ist aber die Linie O K gleich der Linie P R, weil O K eine Chorde von 90 Gr. in dem kleinen Kreise ist, P R die Hälfte der Chorde von 90 Gr. in dem großen Kreise, und so die Hälften des großen Kreises gleich dem ganzen kleinen Kreise sind: also wird, während daß der Punkt O in P ist,

 die

die Linie O K mit der Linie P R zusammen fallen, und der Punkt K bis R gekommen sein, d. i. immer noch auf dem Durchmesser F I. Man kann dieses mit allen andern Punkten beweisen, wo der gegebene Punkt K des kleinen Kreises einen Durchmesser des großen Kreises durchlaufen wird.

Man nehme die Epicykloide (Fig. 2), welche durch den Kreis A beschrieben worden, und sich auf dem Bogen C D bewegt, so wird man finden, daß alle Punkte dieses Kreises nach und nach eben so viele Punkte des Bogens C D berührt haben werden; auf diese Art durchlauft der Kreis A einen Bogen C D, welcher seiner ganzen Peripherie gleich ist, und der gegebene Punkt beschreibt auf dem Papiere die Epicykloide C E D.

Das nämliche geschieht, wenn man annimmt, der kleine Kreis A bewege sich frei um seinen Mittelpunkt S, so wie der Kreis, welcher jenem zur Grundfläche dient, sich ebenfalls um seinen Mittelpunkt K bewege, nebst dem Papier, worauf er verzeichnet ist: denn wenn der Mittelpunkt des Kreises A seinen Ort nicht verändert, indeß daß sich der Bogen C D bewegt, und den kleinen Kreis um seinen Mittelpunkt treibt, so wird es das nämliche sein, als ob, indem der Bogen D C fest steht, der Kreis A beweglich wäre, wo alle Punkte des kleinen Kreises nach und nach auf die gegenüberstehenden Punkte des Bogens C D fallen werden, und der gegebene Punkt E des Kreises, welcher in S fest ist, wird auf dem Papier oder der beweglichen Fläche der Figur die nämliche Epicykloide beschreiben, welche er auf dem unbeweglichen Papier beschreiben würde, wenn der Kreis beweglich wäre; die Stellung der Theile der Figur bleibet in beiden Fällen die nämliche. Wenn der Kreis K N O anstatt sich in dem Umkreise des Bogens N P I zu bewegen, sich um seinen unbeweglichen Mittelpunkt V bewegt, während daß der Zirkel N P I D, um seinen Mittelpunkt K lauft, so wird er den Kreis K O N vermittelst seiner Zirkumferenz N mit sich nehmen, und der gegebene Punkt wird die nämliche Linie F I auf der Fläche des Zirkels N P beschreiben.

Es ist eine wesentliche Eigenschaft der Cykloide und jeder Epicykloide, daß eine Linie vom Berührungspunkte aus bis zum gegebenen Punkte, immer mit der Cykloide eine Perpendikularlinie macht. E C D (Fig. 3) ist ein Theil der durch den Zirkel A E D beschriebenen Cykloide; der gegebene Punkt ist E; der Berührungspunkt, welcher sich beständig verändert, wird in A sein, wenn der gegebene Punkt E den kleinen Theil E e der Cykloide beschreiben wird; denn man kann leicht einsehen, daß sich in diesem Augenblicke der Kreis A E D nur etwas weniges um den Punkt A wende, so daß, indem die Linie A E einen kleinen Bogen E e eines Kreises, H E G, dessen Mittelpnnkt in A ist, beschrieben, dieser Kreis mit der Cykloide in E e verwechselt werden wird, weil beide aus dem Punkt E beschrieben werden, dessen Linie oder Halbmesser A E, welcher

auf

auf seinem Kreise perpendikular steht, auch auf der Cykloide in E perpendikular stehen wird. Man könnte dies mit allen Punkten der Cykloide und mit allen Epycikloiden wie in der 2 Fig. beweisen.

Nach diesen vorläufigen Begriffen, können wir nunmehr einen allgemeinen Grundsatz näher erklären, welcher seiner Wichtigkeit wegen vorzügliche Aufmerksamkeit verdient, um weitere Schlüsse folgern zu können.

Der Kreis M K stelle ein Rad ohne Zähne vor Fig. 4 und der kleine Kreis M N ein Trieb ohne Stecken; das Rad treibe das Trieb durch einen einfachen Berührungspunkt seines Umkreises von M nach N, so daß sich beide, Rad und Trieb, jedes um ihren Mittelpunkt bewegen müssen, wie der Kreis A und der Kreis C M D (Fig. 2); es folgt also, daß alsdenn der Umkreis des Triebes eben so geschwind bewegt werde, wie das Rad, weil jeder Punkt des Rades auf jeden Punkt des Triebs wirkt, welches denn die größte Geschwindigkeit ist, welche das Rad dem Triebe geben kann, da es ihm keine geschwindere Bewegung geben kann, als es selbst besitzt. Eben so wirkt auch die ganze Kraft des Rades auf das Trieb, denn es wirkt wie ein Hebel C M, welcher seinem Halbmesser gleich ist, so daß die Kraft, welche an Z angebracht wäre, um das Trieb vermittelst des Rades herum zu treiben, auf den Punkt M nicht durch einen kürzern Hebel wirken könnte, weil sie nach der mit dem Hebel oder Halbmesser P M des Triebes senkrechten Richtung wirken würde, so wie es denn auch keine schicklichere Richtung als die senkrechte giebt.

Vermöge dieser Voraussetzung der Bewegung des Rads und des Triebes findet kein Anreiben Statt, weil Trieb und Rad sich nur an einem Punkte berühren, und kein Punkt des Rades verschiedene des Triebs berührt, welches nothwendig wäre, wenn eine Anreibung Statt haben sollte; oder sollte es ja sein, so ist sie doch so geringe, daß sie nicht merklich wird, weil die geringe Anreibung von derjenigen reibenden Oberfläche herrührt, deren Richtung mit derjenigen, welche die Anreibung verursacht, parallel ist, denn die Richtung der Bewegung des Rads, welche nach der Tangente M Q geschieht, ist die nämliche Richtung des Triebs; die Anreibung ist also die kleinste, welche nur möglich ist, weil ein Rad, welches stets vermittelst seiner Peripherie wirken soll, nicht anders als durch seinen Halbmesser und stets mit der Mittelpunktslinie perpendikular wirken kann.

Wir werden daher allen Regeln eines vollkommnen Eingriffs ein Genüge thun, wenn wir dem Rade M K solche Zähne, und dem Triebe M N solche Stecken geben, daß, wenn die Zähne des Rads gegen die Stecken des Triebs wirken, die Kraft, Geschwindigkeit und Richtung des Rads und Triebs in M die nämlichen bleiben, welche sie

in

in dem vorausgesetzten Falle hatten, wo alle Wirkung gegen den Berührungspunkt M gieng.

Dies zu erhalten, nehme man einen der Halbmesser P T als einen Triebstecken an; durch den Berührungspunkt M beider Umkreise ziehe man denn eine Perpendikularlinie R M S, und von dem Mittelpunkte C des Rades die Linie C R und eine Linie C S, welche auf der Linie R M S perpendikular stehe, wo die Wirkung des Halbmessers C R, um auf den Punkt R des Triebs zu wirken, die nämliche sein wird, wie die Wirkung des Punkts M, um den Halbmesser P M zu bewegen.

Wenn die Kraft Z, anstatt durch den Hebel C M auf den Punkt M zu wirken, durch den Hebel C V, als der Hälfte von C M wirkte, so würde ein doppelter Vortheil erwachsen; allein wenn dieser doppelte Vortheil gegen den Punkt X eines gleichen Triebs wie P X, als der Hälfte von P M, angewandt würde, gleich als ob daselbst die Hälfte weniger Kraft nöthig wäre, um das Gewicht Y zu heben, so würde alles in dem nämlichen Verhältnisse bleiben, und es würde gegen das Gewicht Y die nämliche Kraft nöthig sein.

Eben so verhielte es sich auch in Absicht der Geschwindigkeit; die Kraft Z ertheilte dem Punkt U nur die Hälfte seiner Geschwindigkeit, würde aber die Hälfte dieser Geschwindigkeit an den Punkt X gebracht, so verschafte sie dem Punkt M eine doppelte Geschwindigkeit, und es bliebe also die Geschwindigkeit immer die nämliche wie oben.

Ein Gleiches geschähe, wenn man den vierten, oder irgend einen andern Theil des Halbmessers M C des Rades annähme, weil man alsdenn auch den vierten, oder einen andern gleichhaltigen Theil des Halbmessers P M annehmen müßte; denn es ist das nämliche Verhältniß zwischen dem Hebel C V oder C M, wodurch die Kraft wirkt, und zwischen dem Hebel P X oder P M, mit welcher die Last Y oder das Trieb entgegen wirkt, so daß Kraft und Geschwindigkeit immer die nämlichen bleiben.

Wirkt das Rad auf den Punkt R des Halbmessers P R, so ist, da die Linie R M S auf P R und C S perpendikular steht, C S der Hebel, durch welchen das Rad wirkt, und P R der Hebel, durch welchen das Trieb entgegen wirkt, denn es erfolgt die nämliche Wirkung, die Kraft, welche gegen das Trieb wirkt, sei in R, oder M, oder S angebracht; blos der Abstand C S im Mittelpunkte des Rades ist es, welcher die Wirkung auf den Trieb bestimmt.

So oft nun die Direktionslinie R M S durch den Berührungspunkt M des Haupttriebs und Hauptrades geht, so wird die Linie C S und P R in dem nämlichen Ver-

Verhältnisse stehen wie C M und P M, denn die Dreiecke C M S und P M R sind einander gleich, weil der Winkel S M C dem Winkel P M R, der ihm entgegen steht, gleich ist, und die Winkel in S und in R rechte Winkel sind; da nun die zwei Triangel einander gleich sind, so werden ihre Seiten auch gleiche Verhältniß unter sich haben, so daß sich C M zu M P verhalten wird, wie M S zu M R; es wird daher auch unter dem wirkenden Hebel (levier d'action) C S und dem Hebel des Widerstands (levier de resistance) P R das nämliche Verhältniß seyn, wie zwischen C M und P M, so daß Kraft und Geschwindigkeit wie oben sein wird, wo das Rad das Trieb durch seiner Peripherie in M trieb.

Dieser allgemeine Satz soll nun unsrer fernern Abhandlung zum Grunde dienen. So oft nun die Linie M R, welche von dem Berührungspunkte der beiden Peripherien auf den Triebstecken perpendikular gezogen wird, bis an den Punkt R, als den Ort für den Triebstecken, wodurch der Trieb fortgestoßen wird, gelangt, so wird er von dem Rade die nämliche Kraft und Geschwindigkeit erhalten, als ob er durch den Punkt M bewegt würde, das ist, seine Geschwindigkeit und Kraft wird die größte mögliche sein; daher wird auch immer, so oft der Triebstecken von dem Zahne des Rads begleitet wird, die Linie von dem Berührungspunkte der zwei Peripherien bis zum Punkte des Eingriffs (conduite ou d'atouchement) des Triebsteckens und des Zahns, auf den Triebstecken und Zahn perpendikular stehen.

Um diesen Grundsatz auf ein Trieb anwendbar zu machen, dessen Stecken so, wie die Punkte A, B, C, D, (Fig. 5) verzeichnet sind, erinnere man sich, daß das Hauptrad M C, indem es vermittelst seines Umkreises in das Haupttrieb M D greift, einen Punkt D, auf dem Umkreise dieses Triebs angenommen, eine Epicykloide C D E beschreiben wird, und daß es eine wesentliche Eigenschaft dieser Epicykloide ist, daß die Linie M D von dem Berührungspunkte M bis zum gegebenen Punkt D ausgezogen stets auf der Krümmung perpendikular stehe: macht man nun einen Zahn nach der Krümmung C E, so wird er nach dem Vorhergegangenen in den Punkt D greifen, das ist, die Linie von dem Berührungspunkte M bis zum Punkte des Eingriffs wird jederzeit auf den Triebstecken und Zahn perpendikular stehen.

Es ist willkührlich, ob der Zahn C E allein auf den Triebstecken D wirke, oder ob verschiedene Zähne zugleich in verschiedene Triebstecken greifen, denn man kann alle als ein einziges ansehen, so daß die ganze Wirkung des Rades immer die nämliche bleibt.

Wir wollen jetzt einen etwas mehr verwickelten Fall annehmen, welcher wegen seines großen Nutzens besonders angewandt werden sollte, da er mit so vielen praktischen Vor-

Vortheilen verknüpft ist. Man nehme an, der Triebstecken C D sei eine gleichlinigte Fläche, welche durch den Mittelpunkt C des Triebs gehe, und durch die Linie C D (Fig. 6) vorgestellt sei; es kommt hier darauf an, daß man den Zahn H D O bestimme, welcher in den Triebstecken C D nach allen Regeln eines vollkommnen Eingriffs greife.

Man beschreibe einen Kreis C d D M, dessen Halbmesser die Hälfte des Haupttriebs sei, und man stelle sich vor, dieser Kreis sei um den Punkt O beweglich, als welcher sein Mittelpunkt ist, so daß die Peripherie des Hauptrades M H auf einmal die Peripherie des Triebes, welches sich um den Punkt C bewegt, und die Peripherie des kleinen Zirkels C d D M, welcher sich um den Punkt O dreht, mit sich führe oder daß der kleine Kreis durch das Trieb geführet werde, welches einerlei ist; wenn nun das Rad den Bogen M H beschrieben hat, so wird das Haupttrieb den Bogen M V beschrieben haben, welcher genau so groß als M H ist, und der kleine Kreis den Bogen M D, welcher dem Bogen M H ebenfalls gleich ist, weil jeder Punkt des Rades auf den gegenüberstehenden Punkt des Triebes und des kleinen Kreises trift, welches in beiden gleichviel beträgt.

Bei dieser Bewegung des kleinen Kreises um den Mittelpunkt O, beschreibt der Punkt D des kleinen Kreises auf der Fläche des Rades eine Epicykloide H D O, und da er zugleich innerhalb des Triebs lauft, so beschreibt er auf der Oberfläche des Triebs eine gerade Linie C D; denn die Linie M D, welche von dem Berührungspunkte M der beiden Peripherien gezogen worden, steht auf der Epicykloide H D O perpendikular; eben diese Linie M D ist auch auf C D perpendikular, denn der Winkel M D C in dem Halbzirkel M d D C muß nothwendig ein rechter sein; folglich muß auch die Linie von dem Berührungspunkte M der beiden Hauptperipherien bis zu dem gegebenen Punkt D, oder bis zu dem Berührungspunkt des Triebsteckens und des Zahns ebenfalls auf dem Triebstecken und dem Zahn perpendikular stehen, welches den verlangten Bedingungen vollkommen entspricht; man erhält also hieraus diesen allgemeinen Grundsatz: Wenn der Stecken eines Triebs eine geradlinichte Fläche gegen den Mittelpunkt ist, so muß der Zahn des Rades, welcher in den Trieb greifen soll, da er ihn nur in der Mittelpunktslinie antrift, eine Epicykloide sein, welche durch die Rotation des einen Zirkels, dessen Durchmesser die Hälfte desjenigen des Triebs ist, auf der äußern Peripherie des Rades erzeugt worden.

Nun sind wir im Stande, einen allgemeinen Grundsatz zu geben, und zu zeigen, daß der Eingriff jederzeit die erforderliche Eigenschaft habe, wenn Triebstecken und Zahn durch die Revolution des kleinen Kreises erzeugt werden, indem er sich innerhalb des

des Haupttriebes bewegt, um den Triebstecken zu beschreiben, und auf der äußern Fläche des Rades, um den Zahn zu erhalten; dies war auch oben der Fall, wo das nämliche Trieb auf dem Rade lief, um den Zahn zu beschreiben, und zur Beschreibung des Triebsteckens, welches nur ein Punkt war, durfte er sich nur innerhalb desselben unendlich wenig bewegen, oder es bewegte sich eben dieser Kreis in der innern Fläche des Triebs, um daselbst eine gerade Linie zu beschreiben, welche wir für den Stecken des Triebs annahmen; eben so bewegte er sich auch auf der Peripherie des Rades für die Beschreibung des Zahns.

Man nehme daher irgend einen Kreis D M C (Fig. 7), welcher kleiner sei als der Trieb A M E, und dessen Mittelpunkt F auf der Mittelpunktslinie M F fest stehe; so wird das Trieb, indem es sich von M nach A bewegt, und das Rad von M nach B, den Kreis und den gegebenen Punkt von M nach D bewegen; es beschreibt also der Punkt D eine Epicykloide A D G auf der Oberfläche des Triebs, und eine andre Epicykloide B D H auf der Fläche des Rades; beide Epicykloiden kommen bei dem Punkte D zusammen, weil der gegebene Punkt beide zu einerlei Zeit erzeugt; die Linie M D von dem Berührungspunkte M bis zum Punkt D gezogen, wird auf beiden perpendikular stehen, weil die Linie MD jeden Augenblick einen Bogen des Zirkels, dessen Mittelpunkt M ist, beschreiben, und einen unendlich kleinen Theil von den Krümmungen A D G, B D H machen wird; giebt man nun dem Triebstecken die Krümmung A D G, und dem Zahne des Rades die Figur B D H, so wird man jede Forderungen eines vollkommenen Eingriffs, welche sich darauf gründen, daß die Linie von dem Berührungspunkte bis zum Punkte des Eingriffs gezogen, auf dem Triebstecken und dem Zahne perpendikular sei, erfüllt haben.

Da es vortheilhaft ist, daß der Triebstecken sowohl als der Zahn konvex sei, so ist es nöthig, daß der kleine Kreis von einem größern Durchmesser sei, als der Halbmesser des Triebs, damit der Triebstecken gegen die Seite des Rades konvex werde, wie Fig. 8. wo M B das Rad ist, A M das Trieb, M D der Kreis, welcher auf der Fläche des Rads den Zahn B D und auf der Fläche des Triebes den Triebstecken A D beschrieben hat; überhaupt wird es immer vortheilhafter sein den Triebstecken A D, als eine gerade Linie zu machen, wie wir schon oben gesagt haben.

Bis jetzt hat man gesehen, daß das Rad, indem es in das Trieb greift, während daß der Eingriff auf der Mittelpunktslinie anfängt, der Eingriff immer auf die Bewegung der Peripherie des Hauptrades geschehen ist, (a été pris en faille sur la circonference etc.) welches das Rad um die Länge eines Zahns vergrößert, und das

Haupttrieb um die Größe des Eingriffs vermindert werde; die Ursache davon ist, weil die Perpendikularlinie von dem Berührungspunkte M auf den Triebstecken und Zahn gezogen, weder außer der Peripherie des Triebs noch innerhalb des Rads fallen kann, es sei denn daß man eins von beiden konkav mache, welches aber in der Ausführung nicht Statt haben kann.

Wir wollen nun sehen, was geschehen wird, wenn das Rad vor der Mittelpunktslinie eingriffe, welches genau das Gegentheil von dem sein wird, was wir gesagt haben, nämlich daß das Trieb vergrößert, und das Rad um die Stärke des Eingriffs verkleinert werden wird. Zur Bestimmung der Gestalt, welche der Triebstecken wird haben müssen, merke man, daß, wenn der Triebstecken, in welchen der Zahn vor der Mittelpunktslinie greift, wieder zurück liefe, um auf diesem Wege den Zahn aufzunehmen, die nämlichen Krümmungen des Triebsteckens und des Zahns fortfahren müßten, um einen vollkommnen Eingriff zu machen, welches aber der eigentliche Eingriff des Triebs in den Zahn hinter der Mittelpunktslinie wäre; also geben der Zahn, welcher in den Triebstecken vor der Mittelpunktslinie greift, oder der Triebstecken, welcher in den Zahn hinter der Mittelpunktslinie greift, genau eben dieselben Krümmungen.

Wir können also alles, was wir bisher von dem Zahn angemerkt haben, welcher hinter der Mittelpunktslinie in den Triebstecken greift, auf den Triebstecken anwenden, das ist, die nämliche Krümmung muß äußerlich um den Trieb laufen, um einen Triebstecken zu verzeichnen, und innerhalb dem Rade, um den Zahn zu erhalten; man darf also nur auf das Trieb, welches eingreift, das anwenden, was wir in allen vorhergehenden Paragraphen von dem Eingriff des Rads gesagt haben.

Es sei also in jedem Fall, wo der Zahn, in welchen der Eingriff hinter der Mittelpunktslinie geschieht, oder welcher vor der Mittelpunktslinie eingreift, eine gegen den Mittelpunkt des Rades gerichtete gerade Linie, so ist nöthig daß der Stecken des Triebs eine Epicykloide sei, welche durch die Revolution des einen Zirkels beschrieben worden, der um den Halbmesser des Rads kleiner ist, und welcher auf der Peripherie des Triebs laufe.

Nunmehr können wir die wahre Figur des Triebsteckens und des Zahns bestimmen, wenn der Zahn vor und hinter der Mittelpunktslinie in den Triebstecken greifen soll; zu dem Ende wollen wir die zwei vorhergehenden Fälle mit einander verbinden, und dem Triebstecken und dem Zahne die zwei verschiedenen ihnen gehörigen Krümmungen geben, deren eine vor der Mittelpunktslinie, die andre hinter derselben den Eingriff macht, oder in welche der Eingriff geschieht.

LF

L F sei der Umkreis des Hauptrades, O o der Umkreis des Haupttriebs, f o m und S O M der Stecken des Triebs, p l k oder P L K der Zahn des Rades; jedes bestehe aus zwei Theilen, der Theil l k des Zahns, welcher zum Rade gehört, und vor der Mittelpunktslinie eingreift, der vorspringende Theil (portion saillante) o m des Triebsteckens außer dem Triebe, in welchen der Eingriff vor der Mittelpunktslinie geschieht, der vorspringende Theil L P des Rades, welcher hinter der Mittelpunktslinie eingreift, der Theil O S, welcher zum Triebe gehört, und in welchen der Eingriff hinter der Mittelpunktslinie geschieht; es wird also das Trieb vor der Mittelpunktslinie den vorspringenden Theil für den Eingriff verschaffen, so wie hinter der Mittelpunktslinie das Rad. In der Mittelpunktslinie selbst findet keines von beiden Statt, weil Zahn und Triebstecken sich in A berühren. Der Theil l k des Zahns und der Theil o m des Triebsteckens werden durch irgend einen Zirkel beschrieben, welcher in der innern Fläche L F des Rades lauft, um l k zu beschreiben, und auf der äußern Fläche o O des Triebs, um o m zu beschreiben; die Theile L P des Zahns und O S des Triebsteckens entstehen durch irgend einen Zirkel, welcher auf der äußern Fläche des Rades L F lauft, um l P zu beschreiben, und auf der innern Fläche des Triebs O o, um O S zu beschreiben.

Hat der erste Kreis zu seinem Durchmesser den Halbmesser des Rads, und der zweite den Halbmesser des Triebs, so werden die Theile des Zahns L K, l k, und die Theile des Triebsteckens O s, o s, rechte Linien sein, welche gegen den Mittelpunkt gehen. Man hat die Theile des Zahns und des Triebsteckens, welche blos zur Symmetrie dienen, und zu dem Eingriff nichts beitragen, mit keinen Buchstaben bezeichnet; inzwischen kann man ihnen eine Gestalt geben, welche ihnen die größte Festigkeit giebt, und ihren Eingriff erleichtert; man ist daher, weil es Fälle giebt, wo das Räderwerk wieder zurückgehen muß, genöthigt, sie beinahe rund zu machen.

Verlangt man die Figur des Triebsteckens und des Zahns, wenn der Trieb, in welchen der Eingriff vom Zahne geschieht, auf seinem Wege zurück geht; so sieht man leicht, daß, weil die Direktionslinien und die wechselseitigen Kräfte die nämlichen bleiben, auch die Krümmungen eben dieselben bleiben müssen; man wird blos bemerken, daß der Theil des Triebsteckens, in welchen der Eingriff hinter der Mittelpunktslinie geschah, jetzt vor dieselbe fällt, und der Theil des Triebsteckens, in welchen er vor der Mittelpunktslinie fiel, hinter dieselbe zu stehen kommt.

Man darf daher die Krümmungen blos nach den vorhergehenden Bestimmung einrichten, so wird das nämliche Trieb, welches von dem Rade getrieben wird, es wieder treiben; wollte man aber, daß das Trieb blos hinter der Mittelpunktslinie eingriffe,

so müßte man so ein Trieb nehmen, als ob das Rad in dasselbe vor der Mittelpunktslinie eingriffe.

Folgendes sei daher ein Hauptsatz von dem, was wir bisher abgehandelt haben. 1) Der Theil, welcher hinter der Mittelpunktslinie eingreift, muß größer sein als die Hauptperipherie; derjenige, welcher vor der Mittelpunktslinie eingreift, muß kleiner sein, es sei bei einem Triebstecken oder Zahn. 2) Der Theil, welcher hinter der Mittelpunktslinie, sowohl bei einem Triebstecken als Zahn, eingreift, wird durch einen Zirkel beschrieben, welcher sich äußerlich auf der Hauptperipherie bewegt, und den Eingriff macht, und derjenige, in welchen der Eingriff geschieht, entsteht von dem nämlichen Zirkel, welcher sich einwärts in der Peripherie bewegt, welche getrieben wird.

Der Theil, welcher vor der Mittelpunktslinie den Eingriff macht, entsteht wie derjenige, in welchen der Eingriff hinter der Mittelpunktslinie geschieht, von einem Zirkel, welcher sich innerhalb dem Hauptumkreise bewegt, welcher eingreift, und der Theil, in welchen der Eingriff vor derselben geschieht, entsteht von dem nämlichen Zirkel, welcher sich auf dem äußern Umkreise bewegt, welcher getrieben wird.

Dasjenige, was wir bisher Hauptrad und Haupttrieb genannt haben, muß von zwei Zirkeln verstanden werden, welche sich unter einander so verhalten, wie die Anzahl der Zähne zu der Anzahl der Triebstecken. Man nehme an, C und P (Fig. 4) wären die Mittelpunkte eines Rades von 30 Zähnen, und eines Triebes von 10 Stecken; so folgt, daß das Trieb dreimal umlaufen muß, wenn das Rad Einen Umlauf macht; man muß daher eine Peripherie haben, und einen Durchmesser, welcher der dritte Theil des Umkreises und des Durchmessers des Rades ist; man wird also die Entfernung CP in vier Theile theilen müssen; Einer dieser Theile PM wird der Halbmesser des Triebs sein, und die übrigen CM der Halbmesser des Rades; dies giebt das Hauptrad und Haupttrieb.

Ob wir gleich in dem vorhergehenden von dem Eingriffe, welcher vor der Mittelpunktslinie anfängt, gehandelt haben; so ist doch nicht weniger gewiß, daß man ihn soviel als möglich vermeiden muß, weil eine zu große Anreibung verursacht wird, wenn Zahn und Trieb auf einander treffen. Diese Anreibung ist größer, als wenn die Zähne über einander wegglitschen, denn aller Staub, welcher durch diese Bewegung vernichtet wird, wird hingegen durch die Bewegung, welche vor der Mittelpunktslinie geschieht, wieder aufgesammelt.

Allein man ist nicht immer im Stande, den Eingriff eines jeden Triebstecken genau in der Mittelpunktslinie anzufangen; wenn der Trieb wenig Stecken hat, z. B. bei

bei einem Triebe von acht oder weniger Stecken, wird das Rad nothwendig vor der Mittelpunktslinie eingreifen, besonders wenn man den Triebstecken die gehörige Größe giebt. Die 10 Fig. stellt drei Stecken eines Triebs von 8 Stecken vor, dessen gerade Flächen, in welche der Eingriff vom Rade geschieht, sind A D, D B, D C; man nehme an, daß der Durchmesser des Rades fünfmal größer sei, als der des Triebs, so wird es also auch fünfmal mehr Zähne enthalten, das ist 40; also wird jeder Zahn mit dem dazu gehörigen Zwischenraum 9 Gr. betragen, weil der 40ste Theil von 360, 9 ist; Man nehme also einen Bogen B E von 9 Gr. und mit einem Zirkel, dessen Durchmesser B D gleich ist; so wird man einen Theil der Epicykloide E G beschreiben, welche den Triebstecken D A in G berührt, man gebe ihm einen andern ähnlichen Theil G H; aber sodann bleibt nur noch B H zur Auswechslung des Zahns und für die Stärke des Triebsteckens übrig, welches zu schwach wäre, weil es in der Bearbeitung nöthig ist, die Auswechselung der Stärke gleich zu machen, und die Stärke des Triebsteckens gleich dem Zahne, oder selbst etwas stärker, besonders bei einem Triebe, welches eingreift. Man muß also den Zahn bei F unterbrechen, ihm die Gestalt F K geben, so daß E K gleich sei K B, das ist, der Zwischenraum gleich der Stärke und die Stärke des Triebsteckens gleich B K machen; allein so bald der folgende Zahn B L in die Mittelpunktslinie fällt, so wird die Extremität F des Zahns den Triebstecken A D nicht mehr berühren; hieraus folgt denn, daß der Zahn B L in den Triebstecken D B vor der Mittelpunktslinie greift.

Man kann also nur in Trieben über 8 oder 9 Stäben den Eingriff auf der Mittelpunktslinie machen lassen, wenn man die gegebenen Regeln für die Krümmungen und die dazu nöthige Solidität in Acht nimmt; es ist also nützlich Triebe wenigstens von 10 Stecken zu brauchen, besonders in Uhren wo eine große Genauigkeit erfordert wird; vermittelst dieser Einrichtung erhält man den Vortheil, die Krümmungen der Zähne kleiner und gleichförmiger zu machen, folglich auch leichter zu bilden.

Diese gegebenen Grundsätze verschaffen die möglichst kleinste Anreibung, wie sie oben verlangt wurde, weil die Gewalt nicht kleiner sein sollte, als sie ist, um zu Folge dieser Grundsätze die nämliche Wirkung zu verschaffen, indem sich die reibenden Oberflächen nur in den kleinsten Flächen berühren können, und den wenigsten Widerstand leiden.

Noch ist übrig, von dem Eingriff der Kronräder (roues de champ, ou à coronne) zu handeln, welche entweder in das Trieb C greifen, oder in welche der Eingriff von diesem Triebe geschieht.

Man

Man muß den Umkreis des Rades bei seinem Eingriffe als eine gerade Linie perpendikular auf die Axe des Triebs ansehen, und folglich annehmen, daß der Zahn des Rades, welcher in den Triebstecken greift, auf einer perpendikularen Ebene gegen die Axe des Triebs wechselt, so wie eine gezahnte Stange.

Zwar ist diese Voraussetzung nicht ganz richtig, besonders wenn der Eingriff in den Triebstecken etwas weiter ist, nämlich wenn der Trieb wenig Stecken hat, weil der Punkt des Eingriffs bei seiner Auswechselung näher gegen den Mittelpunkt des Rades kommt, welches der Fall nicht wäre, wenn der Umkreis des Rades gleichlinicht wäre; diese Differenz wird dem umgekehrten Sinus des Bogens, welchen das Rad von der Mittelpunktslinie bis zum Ende des Eingriffs beschreiben wird, (welches sehr klein ist) gleich sein; davon entsteht denn eine geringe Anreibung in Absicht der Axe des Triebs, allein man darf darauf in der Theorie kaum Acht haben, ohne den Kalkul zu Hülfe zu nehmen, wovon man aber in der Bearbeitung wenig Nutzen haben kann.

Wir wollen eine gerade Linie C A (Fig. 1 u. 2) annehmen, welche sich von A gegen C bewegt, und einen Kreis A um seinen Mittelpunkt treibt; man sieht hieraus, was bereits oben erwähnet worden, daß der Kreis durch seinen Punkt E auf die Ebene, welche wir mit dieser Linie beweglich annehmen, eine Cykloide C E D beschreiben wird, und daß die Linie A E von dem Berührungspunkte A bis zum gegebenen Punkt E gezogen, immer dieser Cykloide perpendikular sein wird.

Wollte man der Linie C F Zähne geben, wodurch sie in das Trieb, welches durch den Zirkel A vorgestellt ist, durch einen Punkt A seines Umkreises als einer ungemein zarten Spindel greifen könne; so müßte man diesen Zähnen die Gestalt eines Theils der Cykloide A K (Fig. 3) geben. Man sieht von selbst, daß, wenn die Linie N M (Fig. 10) einen Theil des Hauptumkreises des Kronrads vorstellt, welches in einen Trieb greifen soll, dessen Stecken O R D die Halbmesser des Triebs sind, die Zähne dieses Rades Theile der Cykloide O P sein werden, welche durch den Umlauf des einen Zirkels auf der Linie O N, dessen ganzer Durchmesser gleich O D ist, beschrieben werden.

Ueberhaupt muß man sagen, daß in diesem Fall wie in andern, und besonders in dem Hauptgrundsatze ist gesagt worden, nämlich, daß eben dieser Kreis um den Trieb O S laufen muß, um den Triebstecken O R zu beschreiben, und um das Rad O N, um den Zahn O P zu beschreiben, die gerade Linie nichts anders ist, als ein Theil des Zirkels, dessen Halbmesser unendlich ist.

Die Methode, welcher wir gefolgt sind, um die vorhergegangenen Krümmungen zu bestimmen, hat nicht den Vortheil, die Figur eines Zahns zu bestimmen, wel-

cher

cher zum Eingriff eines Triebsteckens von jeder gegebenen Figur geschickt wäre, wie dies de la Hire, wiewohl mit nicht sonderlicher Deutlichkeit, gethan hat.

De la Hire glaubte Vortheile zu erhalten, wenn er statt der Spindel oder der Stecken des Triebs in Maschinen, welche große Reibung verursachen, Rollscheiben (roulettes) anwendete; solchemnach bemühete er sich die Figur der Zähne zu bestimmen, welche geschickt wären, in diese Rollscheiben zu greifen. Es sei der Trieb D K (Fig. 11.) in welchen der Eingriff durch das Rad K B geschieht, und welcher die Rollscheiben D trägt, die Epicykloide B D, welche für den Eingriff des Punktes D bestimmt ist; um die Krümmung G H zu finden, welche geschickt sei, in die Rollscheibe, deren Halbmesser D F ist, zu greifen, darf man blos von allen Punkten der Krümmung B D kleine Zirkel beschreiben, deren Halbmesser dem D F gleich sind, und eine andre Krümmung G H ziehen, welche sie alle berührt; diese Krümmung wird mit der Epicykloide B D parallel sein, und auf den Punkt F der Rollscheibe die nämliche Gewalt und Geschwindigkeit verursachen wie die Epicykloide B D auf den Punkt D; eigentlich wird der Berührungspunkt F immer von dem Punkte D gleich weit entfernt sein, er wird also den nämlichen Weg machen, wie der Punkt D und mit der nämlichen Geschwindigkeit; So wird er auch eben dieselbe Kraft haben, weil die Linie D K eben auch mit der Epicykloide, der Rollscheibe und der Krümmung G F perpendikular ist.

Auf die nämliche Art läßt sich die Krümmung bestimmen, welche zum Eingriff eines Triebsteckens A G von dem Halbmesser des Hauptumkreises des Triebs B G geschickt ist. (Fig. 12.) Von dem Punkte B auf der Mittelpunktslinie beschreibe man die Epicykloide B V N, welche zum Eingriff des Punkts B diene, und durch die Endung G des Triebsteckens, wenn er bis G gekommen, beschreibe man einen Zirkelbogen G V, welcher den nämlichen Mittelpunkt als das Rad B K habe; auf den Punkt V, wo dieser Zirkel die Epicykloide schneidet, ziehe man eine Linie V I, welche mit dem Halbmesser C V des Rades den Winkel C V I gleich dem Winkel C G A macht; das nämliche mache man für alle Punkte, wo ihnen der Triebstecken G begegnen könne, und die Krümmung, welche jene Linien V I berühren wird, da sie nach K M eingerichtet sind, bringt auf den Triebstecken A G die nämliche Wirkung, wie die Epicykloide B V N auf den Punkt G hervor, denn die Linie V I ist mit G A parallel, welche für die Krümmung auf den Punkt des Eingriffs zur Tangente wird, so daß die Bewegung des Triebsteckens A G genau der Bewegung des Punkts B gleich sein wird, wenn auf ihn der Eingriff vermittelst der Epicykloide B V N geschehen wäre.

Auf diese Art könnte man für den Triebstecken jede andre Krümmung, Ellipsen, Parabolen, Hyperbolen u. d. gl. anwenden, sie auf irgend eine Art anbringen, und

die Figur des Zahns zum gleichförmigen Eingriff mechanisch bestimmen; allein alle diese Bemühungen wären mehr spekulativisch als nützlich, und ohnerachtet des Allgemeinen bei dieser Methode, ist doch diejenige, welche wir beschrieben haben, jeder vorzuziehen, weil sie die Beschaffenheit der Krümmungen, welche man anwenden muß, und den Punkt des Zahns für jeden Eingriff auf das Trieb zeigt.

Die nämlichen Krümmungen lassen sich in der Mechanik bei verschiedenen Fällen anwenden, z. B. bei den Triebstecken oder Kammen (camnes) an dem Wellbaum einer Mühle, welcher horizontal liegt, und die Pumpstöcke oder Stampfen der Pumpe treibt, bei Pulver= oder Papiermühlen, bei Walken, Schmieden, bei den Wasserrädern, welche zu hydraulischen Maschinen gebraucht werden, zu den Zähnen an dem Bart eines Schlüssels, (museau du paneton) um desto leichter gegen die Feder zu arbeiten, und solchemnach Schlösser zu verfertigen, welche nie anders als vermittelst des Schlüssels zu öfnen wären; man könnte sie auch bei Thürriegeln (chamfrein du pesle) anbringen, um in den Thürhaken (gache) genauer anzuliegen (faciliter la fermeture) und desto vollkommner zu schließen, und so in verschiedenen andern Fällen, welche aber ganz ausser meinem Vorwurf liegen.

Die Grundsätze, denen die Uhrmacher bis jetzt gefolgt sind, sind von denen, die ich gegeben, ganz verschieden; ungewiß in ihren Grundsätzen haben sie immer abgeändert, oder vielmehr sie haben gar keine gehabt. In Deutschland machte man durchbrochene Getriebe, (pignons à lanterne) in Frankreich in Gestalt der Hohlkehlen, (en grain d'orge) in England mit flachen Seiten (pignons efflanqués); beinahe scheint es, daß die Mode hierin mehr beobachtet worden ist, als daß man Untersuchungen und Erfahrungen zu Rathe gezogen hätte.

Jeder geschickte Uhrmacher giebt zu, daß alle Regeln über diese Materie sich darauf gründen müssen, daß man an der Kraft gewinne und der Anreibung zuvorkomme. Um Kraft zu erhalten, giebt er den Triebstecken die Gestalt der Spindel, (des fuseaux à lanterne) nämlich so abgerundet als möglich, um daß der Eingriff von dem entferntesten Punkt vom Centrum geschehen möchte, dies war auch alles, was man verbessern konnte, da man keine wahren Grundsätze aus der Geometrie zu Hülfe nahm; um die Anreibung zu vermeiden, glaubten die Künstler am sichersten zu gehen, daß man den Zwischenraum der Zähne stärker machen müßte als den Zahn selbst; allein alles dieses verschaft keine Genauigkeit, da es nichts weiter als eine falsche Vorsicht ist.

Aus dem, was bisher ist gesagt worden, sieht man, warum die Uhrmacher die Vorschrift geben, daß man das Trieb, welches eingreift, größer machen müsse, als wenn

wenn in ihn der Eingriff geschähe; weil wenn ein Trieb in das Rad eingreift, und die Zähne des Rades größer wären als die Triebstecken, sie sich nicht entwickeln könnten.

Es wäre für jeden Uhrmacher sehr nützlich, wenn er sich nach unsrer gegebenen Vorschrift Modelle für die verschiedenen Größen der Räder und Triebe machte, er würde sodann in Absicht eines vortheilhaften Eingriffs und zur Erleichterung seiner Arbeiten nur halbe Arbeit haben.

Es ist blos die Schwierigkeit in der Ausführung, welche man gegen jede neue Sache, so nützlich sie übrigens auch ist, anführt; inzwischen ist diese Schwierigkeit immer nur in der Einbildung, und bedarf blos, daß eine Anzahl geschickter Künstler es unternehme; jedes was bei seinem ersten Anfange unmöglich zu sein schien, wurde sehr leicht, so wie das, was jezt mit so vieler Schwierigkeit verbunden scheint, um desto leichter werden wird.

---

## II.

## Ueber die Schwungbewegung eines einfachen, und zusammengesetzten Pendulum allein, oder mit einem Uhrwerk verbunden.

Von Herrn Franz. de la Lande *).

---

Man versteht unter einem einfachen Pendulum einen Körper, dessen Schwere man sich in einem einzigen Punkt M (Fig. 1) Taf. 2. vereint vorstellt, C ist sein Anhängepunkt, C M die unbiegsame Linie, die man sich, ohne Schwere und ohne Widerstand, weder vom Anhängepunkte C, noch von der Menge Luft, in der sie sich bewegt, denkt.

Ein zusammengeseztes Pendulum hat mehrere nach seiner Länge C M vertheilte schwere Körper. Wennman z. B. anstatt die Masse des Körpers M C in einem einzigen Punkt M vereint anzunehmen, eine Kugel von gewisser Schwere aufhienge, deren Halbmesser M G sei, oder wenn man die Linie C G selbst von einer gewissen Schwere annähme,

 oder

*) S. Traité d'Horlogerie par Mr. I. A. Lepaute à Par. 1760 4. p. 273 seqq.

oder eben diese Linie mit doppelten Gewichten A C (Fig. 4), so entstünde auf diese Art ein zusammengesetztes Pendulum, dessen Schwere nun nicht mehr vereint, sondern an verschiedenen Theilen nach der Länge des Pendulum, oder des Durchmessers der Kugel zerstreut angetroffen wird.

Alle schwere Körper fallen mit einerlei Geschwindigkeit, abgerechnet den Widerstand der Luft, der auf sie wirkt: eine goldne Kugel und eine Schwanfeder fallen im luftleeren Raume mit der nämlichen Geschwindigkeit; beide durchlaufen innerhalb einer Sekunde Zeit einen Raum von 15 Fuß. Wir verstehen daher unter Schwere, Druck, beschleunigende Kraft, diejenige Kraft oder Attraktion, wodurch die Körper die Fähigkeit erhalten, innerhalb einer Sekunde Zeit einen Raum von 15 Fuß zurück zu legen.

Man sieht leicht, daß sich diese Kraft gleichmäßig über alle Theile der Materie, woraus die Körper bestehen, erstrecken müsse, denn es ist kein Grund vorhanden, warum z. B. die in einer goldnen Kugel vereinigte größere Menge Materie geschwinder fallen sollte, als die bei einer Feder weniger angehäufte Menge; denn was allen Theilen ihrer Natur nach zukommt, macht einerlei Wirkungen nothwendig.

Allein obwohl diese Geschwindigkeit oder beschleunigende Kraft bei jedem Körper gleich ist, so kann doch die Wirkung von ihrem Falle verschieden sein, weil dies ein Produkt aus ihrer Masse und Geschwindigkeit ist; so wie auch die Erfahrung lehrt, daß eine größere Menge Materie, die vereint mit einerlei Geschwindigkeit wirkt, eine um so größere Wirkung erzeugt, je nachdem ihre Menge gewesen.

Je mehr man sich von dem Mittelpunkt der Erde entfernt, je geringer wird die Schwere oder die beschleunigende Kraft, und die Körper fallen weniger geschwind; je mehr wir uns hingegen dem Mittelpunkt der Erde nähern, um desto größer wird die Geschwindigkeit, weil, wenn diese Körper die Erde näher berühren, sie von ihr um desto stärker angezogen werden, so daß, anstatt 15 Fuß, die die Körper auf der Oberfläche der Erde in einer Sekunde fallen, sie jetzt 20, 30 und mehrere fallen möchten *).

Galiläi war der erste, welcher im verfloßnen Jahrhunderte wahrnahm, daß, wenn ein Körper sich selbst überlassen würde, und er vermöge seiner Schwere fiele, die Räume

*) Schwere der Körper heißt eigentlich ihr Bestreben gegen den Mittelpunkt der Erde. Man nenne ihre Ursache Attraktion oder mit welchem Namen man wolle, so hat man wohl ein Wort gefunden, das Phänomen einer Begebenheit, aber immer noch keine Erklärung, als die kein Gegenstand unsrer Sinne mehr ist.

Räume sich in gleichen Zeiten verhielten, wie die ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 u. s. f. nämlich, wenn ein Körper innerhalb der ersten Sekunde 15 Fuß fiele, (A B Fig. 7) so würde er in der folgenden dreimal so tief, d. i. 45 Fuß fallen, in der dritten fünfmal so tief, und so in den folgenden.

Auch stimmt dieses genau mit der Erfahrung selbst überein. Man kann sich diese Wirkung deutlich machen, wenn man sich vorstellt, daß zu Anfange eines jeden Zeitraums der Körper einen Grad Geschwindigkeit erhalte, und noch einen während der Dauer dieses Zeitraums; hat nun der Körper vom Anfange des ersten Zeitraums einen Grad Geschwindigkeit erhalten, wodurch er A B durchlauft, so erhält er nun wieder einen beim Anfange des zweiten Zeitraums, und da der erste Grad noch immer auf ihn wirkt, auch während des ersten Zeitraums noch einen erhalten hat, so hat er nunmehr beim Anfange des zweiten Zeitraums drei Grad Geschwindigkeit, so daß er in eben dieser Zeit einen dreifach größern Raum durchlaufen wird; während dieses zweiten Zeitraums erhält er wieder einen, und noch einen bei Anfange des dritten Zeitraums, wo er also nunmehr fünf Grad Geschwindigkeit erhalten, folglich auch während dessen einen fünffach größern Raum C D als A B ist, zurücklegen wird.

Aus dem nämlichen Grunde, vermöge dessen die Körper durch die immerfort auf sie wirkende Schwere beschleunigter fallen, müssen sie auch in den nämlichen Verhältnissen zu steigen aufhören; so durchlauft also ein Körper, der mit einer siebenfachen Stärke in die Höhe geworfen worden, in der zweiten Sekunde diesen Raum nur fünfmal, in der dritten dreimal, und in der vierten einmal, zu Anfange der fünften Sekunde fängt er nunmehr wieder an gegen die Erde zu fallen.

Die Körper erhalten also die nämliche Geschwindigkeit wieder, die sie im Steigen verlohren; so hat eine Kugel, die während einer Sekunde 15 Fuß hoch gefallen, die nämliche Geschwindigkeit wieder erhalten, mit der sie hinaufgeworfen worden, um gleichfalls 15 Fuß in einer Sekunde zu durchlaufen. Wenn ein Körper P (Fig. 2) anstatt senkrecht zu fallen, auf einer geneigten Fläche P S herabrollen muß, so wird er, wenn er nach S gekommen, die nämliche Geschwindigkeit, nur nach einem längern Zeitraum, erhalten haben, als ob er die senkrechte Linie P S gefallen wäre; zieht man von dem Punkt R mit der geneigten Fläche P S eine senkrechte Linie R T, so wird der Raum P T genau derjenige sein, den der Körper P in der nämlichen Zeit beschreiben wird, als er die Linie P R durchlaufen haben würde.

Diese Sätze, so wie alle folgende, können mit der strengsten mathematischen Schärfe bewiesen werden, allein diese Beweise würden uns in unendliche Zergliederungen

 füh-

führen, die dann vielleicht für den größten Theil der Leser unverständlich werden möchten; wir wollen uns hier blos begnügen, von einem Satze zum andern überzugehen, um auf solche zu kommen, welche den praktischen Künstler, dem dergleichen Beweise unverständlich sein möchten, vorzüglich angehen, und welche hinlänglich sind, einen Begriff über die Eigenschaften und Wirkungen der Schwungbewegung zu geben.

Wenn man in einem halben Zirkel als A G C (Fig. 3) aus einem willkührlichen Punkt G oder g des Umkreises, die Linien A G und C G bis an die zwei Gränzen des Durchmessers A B ziehet, so wird ein Körper, welcher von A bis G auf der geneigten Fläche A G, oder von G bis C auf der geneigten Fläche G C herabrollt, genau in dem nämlichen Zeitraume fallen, als er sonst lothrecht von A bis C, als die ganze Länge des Durchmessers, gefallen wäre.

Das einfache Pendulum C M (Fig. 1) nimmt im natürlichen Zustande die senkrechte Linie O E ein, weil es nicht unter E sinken kann; führt man das Pendulum von E bis M, so wird es um die Größe von M F, welche man den Sinus versus des Bogens E M nennt, höher stehen, also von M nach E herabfallen, und seine Bewegung nach den Gesetzen, die wir bereits gegeben haben, beschleunigen. Allein so wie es nach E gekommen, hat es nunmehr eine Stärke erhalten, die vermögend ist, es wieder bis zur nämlichen Höhe hinauf zu treiben; es geht also bis I, und beschreibt den Bogen E I; diese zwei Bogen oder halbe Schwingungen, eine fallende und eine steigende, bilden eine ganze Schwingung oder Vibration.

Sind diese Vibrationen sehr groß, so sind sie minder isochronisch, d. i. sie halten nicht genau gleiche Zeiträume, wenn man sie vergrößert oder verringert; denn eine Schwingung, die von K anfängt, wird eher aufhören, als eine andre die von M anfängt, weil deren Weg länger ist, und mehr Zeit bedarf, um sie zu beschreiben.

Sind aber hingegen die Vibrationen sehr klein, etwa 1 oder 2 Grad, so werden solchergestalt ihre Bögen beinahe ihren Chorden gleich; denn wie man bereits gesehen, wurden die Chorden G c, g C (Fig. 3) in gleichen Zeiten beschrieben, so daß also auch ihre Bögen einander sehr nahe kommen müssen.

Bei solchen kleinen Vibrationen ist daher die Dauer jeder Schwungbewegung gleich $\frac{355}{113}$ der Zeit, die ein schwerer Körper nöthig gehabt hätte, um die Höhe C E (Fig. 1) des Pendulum, d. i. des Durchmessers des Zirkels, durch den das Pendulum beschrieben worden, zweimal herabzufallen. Da nun $\frac{355}{113}$ fast das Verhältniß des Durchmessers zur Cirkumferenz ist, so könnte man auf diese Art wissen, wie lange die Schwungbewegungen eines einfachen Pendulum dauern werden, dessen Länge gegeben ist, vor-

aus-

ausgesetzt, daß man aus der Erfahrung weiß, welche Zeit es bedarf, die die Körper nöthig haben, verschiedene Höhen herabzufallen.

Indessen, da man die Dauer des Falls der Körper wegen ihrer zu großen Geschwindigkeit nicht genau bestimmen kann, und es leichter ist, die Vibrationen eines Pendulum in einer gegebenen Zeit zu zählen, so erhält man aus der Anzahl der Schwungbewegungen eines Pendulum, dessen Länge gegeben ist, genau die Zeit, die die Körper nöthig haben, von einer gegebenen Höhe gegen die Erde zu fallen.

Man kann beweisen, daß das Quadrat des Durchmessers eines Zirkels zum Quadrat seiner Cirkumferenz sich verhält, wie die Länge des Pendulum zur doppelten Höhe des Falls eines Körpers während der Dauer einer Vibration des Pendulum. Man nehme also an, man wolle wissen, wie viel ein schwerer Körper in einer Sekunde falle, so messe man die Länge des Pendulum welches Sekunden vibrirt, auf die Art, deren wir erwähnet haben, wo man es zu 440 Linien 57 Hunderttheile findet; nun sage man nach der Regel de Tri: wie das Quadrat von 113 als der Durchmesser des Zirkels, zum Quadrat von 355, so verhalten sich 440 Linien 57, zum vierten Gliede, dessen Hälfte genommen, giebt 15 Fuß, 1 Zoll, 2 Linien und 8 Hunderttheile.

Man sieht hieraus, daß die Dauer der Schwungbewegungen eines einfachen Pendulum von der Schwere oder der beschleunigenden Kraft und von der Länge des Pendulum abhängt. Würde die beschleunigende Kraft größer, als sie auf der Oberfläche der Erde ist, so müßten, indem die Körper geschwinder fielen, auch die Schwungbewegungen eines Pendulum geschwinder sein. Die Dauer einer Schwungbewegung steht also in umgekehrtem Verhältniß mit der Quadratwurzel der beschleunigenden Kraft, oder: die Schweren verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Zeiten der Schwungbewegungen, d. i. wäre die beschleunigende Kraft vierfach, so würde die Dauer der Schwungbewegungen nur zweimal kleiner werden.

Wenn die Dauer der Schwungbewegungen von verschiedenen Pendulen gleich ist, so stehen ihre Längen mit den Schweren im gleichen Verhältnisse.

Sind die Längen gleich, so sind die Zeiten umgekehrt wie die Wurzeln der beschleunigenden Kräfte, und die Anzahl der Schwungbewegungen, die in gleichen Zeiten geschehen, stehen mit den Wurzeln der beschleunigenden Kräfte im Verhältnisse.

Aus Mangel an Erfahrungen, da selten jemand ausserhalb der Oberfläche der Erde Erfahrungen über Pendeln anstellt, können vielleicht diese Säße von dem, was

wir über Pendeln, die von verschiedenen Schweren getrieben werden, gesagt haben, bei denen, die weiter keine Abänderungen der Schwere kennen, Erstaunen erwecken; indessen ist es nöthig in dieser Rücksicht zweierlei zu bemerken: 1) ist diese Theorie darum nothwendig, wenn die Frage von Pendeln ist, deren Schwungbewegungen gewisse Widerstände erleiden, und wo ihre Schwere nach Verhältniß der widerstehenden Flüssigkeit vermindert wird; 2) hat man, seit näherer Betrachtung der Oberfläche der Erde, gefunden, daß dem Aequator näher, als der größten Entfernung vom Mittelpunkt der Erde gegen diejenige unter den Polen, die Schwere daselbst geringer ist, und daß folglich die Pendeln, so nahe an den Polen berichtiget worden, unter dem Aequator täglich um viele Sekunden später gehen würden. Unter dem Aequator ist man vom Mittelpunkt der Erde ohngefähr 3,281000, und unter den Polen 3,262690 Toisen entfernt.

Wenn die Schwere in einem und dem nämlichen Lande gleich bleibt, so ist die Dauer der Schwungbewegungen wie die Wurzeln der Längen.

Die Längen verhalten sich unter einander wie die Quadrate der Zeiten.

Die Anzahl der Schwungbewegungen, die in einerlei Zeitraum gemacht werden, verhalten sich umgekehrt wie die Wurzeln der Längen.

Die Längen verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Anzahl der Vibrationen, d. i. wenn von zwei Pendeln die eine in 1 Sekunde eine Vibration macht, und die andre zwei Vibrationen, so wird diese um viermal kürzer als erstere sein.

Vermöge dieser Grundsätze hat man Tabellen über die Längen der Pendulen, die für eine gegebene Anzahl Vibrationen berechnet worden. Diejenige Tabelle, welche man in dem Werke des Thiout findet, und von dem Grafen d'Onsembrai berechnet worden, ist wegen der Brüche, aus denen die Anzahl der Vibrationen bestehen, für die Uhren fast gar nicht brauchbar, weil man bei Räderwerken eine ganze Anzahl Vibrationen nöthig hat. Im zweiten Theil des Uhrmachers findet man eine solche Tafel vermittelst der Logarithmen mit großem Fleiße berechnet, welche von 100 zu 100 steigt, und die von 1 bis 18000 Vibrationen in 1 Stunde die Länge der Pendulen angiebt, so daß, wenn man ein Räderwerk hat, dessen letztes Rad eine gewisse Anzahl Umgänge in 1 Stunde macht, man die nöthige Länge des Pendulum hiezu finden kann.

Vermittelst dieses Grundsatzes findet man, daß, um ein Pendulum täglich um 1 Minute geschwinder gehend zu machen, man die Stange um 0 Linie 6116 d. i.

gegen

gegen $\frac{6}{10}$ oder $\frac{6}{10} \cdot \frac{16}{00}$ einer Linie verkürzen dürfe, und für 1 Sekunde auf jeden Tag um 0 Lin. 01 oder um $\frac{1}{100}$ einer Linie.

Noch haben wir blos von einfachen Pendulen geredet, so wie wir sie oben angenommen; allein da ein dergleichen einfaches Pendulum nirgends in der Natur existirt, und da alle Pendeln, deren man sich bedient, eine gewisse an verschiedenen Stellen ihrer Oberfläche vertheilte Schwere haben, so ist es nöthig, diese auf einfache Pendulen zurück zu bringen.

Man nehme ein Pendulum S C, (Fig. 4) das anstatt eines Gewichts zwei oder mehrere habe als A, C, die man sich jedes an einem bestimmten Orte vorstelle; man begreift leicht, daß dieses neue Pendulum seine Schwungbewegungen geschwinder machen werde, als wenn es nur ein einziges Gewicht in C hätte, weil hier das Gewicht A seine Schwungbewegungen mit der nämlichen Kraft zu machen strebt, als ob das Pendulum nur die viel kürzere Länge S A besäße, in dessen wird es zum Theil von dem Gewicht C aufgehalten, welches sich in seinen Schwungbewegungen ebenfalls nach der Länge S C richtet; es wird daher dieses zusammengesetzte Pendulum weder mit dem Pendulum S C, dessen Gewicht in C, noch mit dem Pendulum S A, dessen Gewicht in A, isochronisch sein, sondern seine Geschwindigkeit wird das Mittel zwischen beiden halten, folglich mit einem andern einfachen Pendulum S D, dessen Länge man suchen muß, isochronisch werden.

Diesen Punkt D nennt man den Mittelpunkt der Schwungbewegung, oder den Mittelpunkt des Stoßes eines zusammengesetzten Pendulum. Es ist also der Mittelpunkt der Schwungbewegung D derjenige Punkt, wo man die ganze Schwere des Körpers, welcher schwingt, ohne Veränderung der Zeit oder der Dauer seiner Oscillationen, annehmen kann.

Man nennt diesen Punkt auch den Mittelpunkt des Stoßes, weil es der Ort ist, wo die ganze Kraft vereinigt ist, ihre größte Stärke äußert, und wo alle Theile im Gleichgewicht stehen, wenn man das Pendulum in diesem Punkt aufhielte, indem man annimmt, daß der Anhängepunkt keinen Widerstand thut, und sogleich nach dem Stoße frei wird *). Da die Gewichte A, C unter sich vereinigt sind, und sich keines ohne

*) Wahrscheinlich möchten alle künftige Lehren von der Auffindung des Mittelpunkts der Schwungbewegung für den größten Theil der Künstler zu schwer sein; die Aufhängung eines körperlichen Pendulum und das daraus gefundene Gleichgewicht der Stange mit der Linse (den Anhängepunkt abgerechnet) giebt den wahren Mittelpunkt auf eine mechanische Art.

ohne das andre bewegen kann, so folgt, daß sich ihre Kraft zerstreut, und sich einander nach dem Verhältniß ihrer Masse und ihrer Entfernung vom Anhängepunkt S mittheilt.

Solchergestalt hält die Geschwindigkeit des ganzen Körpers das Mittel zwischen den Geschwindigkeiten, welche diese verschiedenen Theile einzeln für sich hielten; es entsteht also hieraus eine gemeinschaftliche Wirkung, die das Mittel zwischen allen andern hält, und sich auf den Punkt D als seinen Mittelpunkt äußert, so daß bei jedem höhern Punkte die obern Theile, und bei jedem andern Punkte unter dem Mittelpunkt der Schwungbewegung die untern Theile C stärker wirken würden; der Mittelpunkt der Schwungbewegung ist derjenige einzige Punkt, auf welchen alle Theile während der Vibration des Pendulum gleich stark wirken.

Um diesen Mittelpunkt der Schwungbewegung zu finden, multiplicire man jedes der Gewichte durch das Quadrat ihrer Entfernung bis zum Punkte S, summire ihre Produkte, hiezu nehme man die Produkte eines jeden Gewichts durch seine Entfernung bis zum Punkte S, und dividire die erste Summe durch diese neue, der Quotient giebt die gesuchte Länge S D.

Wollte man statt zwei Gewichte oder zwei schwerer Punkte A, C, eine Kugel oder jeden andern Körper von einer gewissen Länge als A C (Fig. 5) annehmen, so würde man statt zwei Gewichte eine unendliche Menge derselben haben, weil jeder Punkt des Körpers A C seine eigene Schwere hat. Um den Mittelpunkt der Schwungbewegung von dieser unendlichen Anzahl schwerer Körper zu finden, muß man die Integralrechnung oder jene Verfahrungsarten der höhern Geometrie zu Hülfe nehmen, um dieses Unendliche und unendlich Kleine zu berechnen; indessen wollen wir hier die Resultate davon liefern.

Die Untersuchungen über die Mittelpunkte der Schwungbewegungen wurden allen Geometern um das Jahr 1650 von dem P. Mersenne vorgelegt.

Hunghens war damals 21 Jahr alt, und übte sich, wie Deskartes und der P. Fabri in ganz einfachen Untersuchungen, die ihnen denn fast immer entsprachen; erst im Jahr 1673 machte Hunghens in seinem vortreflichen Werke de horologio oscillatorio seine tiefern Untersuchungen dieser Art bekannt: allein seine synthetischen Beweise, deren er sich in seinen Säzen bedient, sind so verwickelt, daß man deutlich sieht, daß er uns das analytische, wie er zu Werke gegangen, verborgen habe, als welches uns seitdem die neuern Entdeckungen in der Analysis erst aufgeschlossen haben.

Man nehme an, eine Kugel A C (Fig. 5), deren Mittelpunkt in K ist, sei an dem Punkt A ihrer Oberfläche aufgehangen um den sie sich bewege; ihre Vibrationen werden

werden die nämlichen eines einfachen Pendulum sein, deren Länge A O ist $= \frac{7}{10}$ des Durchmessers A C, d. i. der Mittelpunkt der Schwungbewegung oder des Stoßes O wird unter den Mittelpunkt K um die Größe K O $= \frac{2}{5}$ des Radius K C fallen; hält die Kugel 10 Zoll im Durchmesser, so wird der Mittelpunkt der Schwungbewegung um 2 Zoll niedriger sein, als der Mittelpunkt der Schwere.

Wäre diese Kugel an den Mittelpunkt S (Fig. 5) angehangen, also von ihrer Oberfläche entfernt, so würden ihre Vibrationen weit langsamer geschehen, der Mittelpunkt der Schwungbewegung wird näher zum Mittelpunkt K rücken, in dem nämlichen Verhältniß wie sich die Entfernung S K vermehren wird. Um zu erfahren, wie groß dieser Abstand sein werde, läßt sich durch Hülfe der Regel de Tri finden: die Entfernung S K vom Mittelpunkt der Schwungbewegung bis zum Mittelpunkt der Kugel verhält sich zum Radius A K der Kugel, wie zwei Fünftheile dieses Radius zum vierten Gliede, welches die Entfernung K O vom Mittelpunkt der Schwere bis zum Mittelpunkt der Schwungbewegung sein wird.

Hieraus folgt, daß, wenn man sie um die Hälfte des Durchmessers der Kugel vermindert, der Abstand K O nur der vierte Theil dessen sein wird, d. i. die Entfernung vom Mittelpunkt der Schwere bis zum Mittelpunkt der Schwungbewegung vermindert sich wie das Quadrat des Durchmessers.

Nun läßt sich entscheiden, welches der Mittelpunkt der Schwungbewegung eben dieser Kugel sein wird, wenn man die Stange oder die Schnure, woran sie aufgehangen S A, von einer gewissen bekannten Schwere annimmt. Man verfährt nach folgender Regel.

Man nehme $\frac{1}{3}$ des Gewichts der Stange S A zu $\frac{2}{5}$ des Gewichts der Kugel, und multiplicire das Ganze durch das Quadrat des Radius oder des Halbmessers der Kugel; man multiplicire ferner $\frac{1}{6}$ des Gewichts der Stange durch den Abstand S K vom Mittelpunkt der Schwere bis zum Anhängepunkt, und durch S C den Abstand vom Anhängepunkte bis zum untern Ende der Kugel; man subtrahire dieses zweite Produkt vom erstern, dessen Unterschied einen Dividend giebt, den man anmerke; um den Divisor zu erhalten, addire man die Hälfte des Gewichts der Stange zu dem Gewicht der Kugel, und multiplicire die Summe durch S K, ferner multiplicire man die Hälfte des Gewichts der Stange durch den Halbmesser der Kugel, und subtrahire dieses Produkt von dem vorigen, wodurch man den Divisor erhält; der Dividendus durch den Divisor dividirt giebt zum Quotienten die gesuchte Größe K O.

Man wende diese Regel in allen den Fällen an, wo man die Länge eines einfachen Pendulum, welches Sekunden vibrirt, bestimmen soll, wie dieses Herr de Mairan für Paris in den Memoires de l'Acad. gethan hat.

Um die Länge eines einfachen Pendulum, welches Sekunden vibrirt, genau zu wissen, hänge man eine metallene Kugel an einen Faden von fein geschlossener Pita (pite), ein Gewächs welches Fibern wie die Aloe hat, die keiner Ausdehnung und Verkürzung von Nässe und Trockenheit unterworfen sind.

Man hänge diesen Faden sorgfältig auf, und messe bis zur Genauigkeit eines Zehntheils einer Linie die Länge des Pendulum vom Anhängepunkte bis unter die Kugel, von der man den Theil O C abgezogen, den man nach der erst gegebenen Vorschrift für das einfache Pendulum nach der Größe der Kugel oder der Schwere der Stange zu 4 Gran auf 10 Toisen gefunden.

Man richte ein Sekundenpendulum genau nach der Sonne oder den Fixsternen; man lasse ein gutes Pendulum, das man zum Versuch anwendet, kleine Schwungbewegungen z. B. von 2 Zoll machen, wo man sehen wird, ob sie alle mit dem Pendulum an der Uhr isochronisch sind; ist dieses, so kann man sicher sein, daß das Pendulum, das man zum Versuch angewendet, d. i. S O, der Theil, den man gemessen, die wahre Länge eines einfachen Sekundenpendulum habe, welches für Paris nach den neuesten Versuchen des Hrn. de la Caille 36 Zoll 5 Lin. 57 oder 55 ist.

Man nehme einen Zylinder A R X, welcher sich um den Durchmesser A R seiner Basis schwinge, und dessen Mittelpunkt der Schwungbewegung E man suche. Wäre der Zylinder unendlich fein, gleich einer einfachen Linie K X, so würde sein Mittelpunkt der Schwungbewegung E $\frac{2}{3}$ der Linie K X sein. Allein wenn dieser Zylinder einen Durchmesser wie A R hat, so muß man jezt folgendes Verhältniß machen: das Doppelte der Höhe K X verhält sich zum Radius K R, wie eben dieser Radius K R zu $\frac{1}{4}$ der Linie, welche man zu $\frac{2}{3}$ von K X zusetzen muß, um die Länge K E des einfachen Pendulum mit dem Zylinder A R X isochronisch zu erhalten.

Man sieht daher die Anwendung dieses Satzes in dem Falle, wo man bei Pendeln eine metallene Röhre gebraucht, die man mit einem Metall anfüllt, und daran eine Linse hängt, wie einige vorgeschlagen haben, um der Verlängerung eines Pendulum nachzuhelfen.

Um allen Schwierigkeiten zuvorzukommen, will ich annehmen, man habe eine Kugel und einen Zylinder mit einander verbunden, wie in der 6 Fig. die sich nach der Zeich=

Zeichnung in einer perpendikularen Fläche um den Durchmesser A R schwingen sollen; man fragt nach dem Mittelpunkt der Schwungbewegung dieses Pendulum, das solchemnach aus einem Zylinder und einer Kugel besteht. Der Punkt D sei der Mittelpunkt der Schwere des Zylinders, der Punkt C derjenige der Kugel, E der Mittelpunkt der Schwungbewegung des Zylinders, für sich betrachtet, O der Mittelpunkt der Schwungbewegung der Kugel einzeln betrachtet. Man multiplicire K E durch K D und durch das Gewicht des Zylinders, dieses Produkt addire man zu demjenigen von K O mit K C und dem Gewichte der Kugel, so erhält man den Dividendus; um den Divisor zu haben, multiplicire man das Gewicht des Zylinders durch K D, und addire dieses zu dem Produkt des Gewichts der Kugel durch K C, und dividire den Dividendus durch den Divisor, so giebt der Quotient die Entfernung von dem Punkt K bis zum Mittelpunkt der gemeinschaftlichen Schwungbewegung der Kugel und des Zylinders. Dieses läßt sich auf die Formel zurückbringen $\frac{KE.KD.C + KO.KC.S}{KD.C + KC.S}$ wenn man C und S für die Massen des Zylinders und der Kugel annimmt.

Da man in keinem geometrischen Werke, wo von dem Mittelpunkt der Schwungbewegung solider Körper die Rede ist, die Art und Weise abgehandelt findet, um diejenige der Linsen zu finden, so wie man solche bei unsern Pendeluhren braucht, so will ich hier diejenige Methode vorlegen, wie ich sie von Hrn. Clairaut erhalten, und die niemals von diesem großen Geometer ist bekannt gemacht worden.

Um den Mittelpunkt der Schwungbewegung zweier Kugelabschnitte zu finden, oder welches das nämliche ist, eines einzigen Abschnitts B H b B, welcher um eine Axe I A G (Fig. 9) schwingt, darf man nur die Schwungkraft des Abschnitts suchen, oder die Summe der zwei Stücke Materie, die sie ausmachen, jede durch das Quadrat ihrer Entfernung vom Anhängepunkt (axe de rotation) multiplicirt, und dieses Produkt, durch die Masse des Abschnitts multiplicirt, durch die Entfernung A C von dem Mittelpunkt der Schwere bis zum Anhängepunkt dividiren.

Man untersuche vorher die Schwungkraft einer Linie P M (Fig. 8), die sich um den Punkt A in der Ebene A P M schwinge; nehme ferner an $AP = x$, $PM = y$, so wird die Entfernung A M sein $\sqrt{(xx\ xyy)}$ das Gewicht eines jeden Stücks $M\,m''$ der Linie P M sein $dy$, welches durch das Quadrat von A M multiplicirt $dy\,(xx + yy)$ oder $xx\,dy + y^2\,dy$ für das Differenziale der Schwungkraft der Linie P M giebt, und das Integrale, wenn man x als stetig annimmt, wird sein $xxy + \frac{1}{3}y^3$ d. i. $AP^2 . PM + \frac{1}{3} PM^3$.

 Gleich=

Gleichfalls suche man die Schwungkraft eines Halbzirkels B M m b, welcher sich um den Punkt A bewege; es sei hier $AC = a$, $CB = r$, $CP = Cp = x$, $PM = \sqrt{(r^2 - xx)}$ $PP^1. = dx$; nach dem, was wir erst bewiesen haben, wird die Schwungkraft von $PM + pm$ sein $AP^2 . PM + \frac{1}{3} PM^3 + Ap^2 . pm + \frac{1}{3} pm^3$, oder da $PM = pm = y$, nachdem man die Buchstaben versetzt und reducirt hat, $2aa\sqrt{(rr - xx)} + 2xx\sqrt{(rr - xx)} + \frac{2}{3} r^2 \sqrt{(r^2 - xx)} - \frac{2}{3} xx \sqrt{(rr - xx)}$ oder $(2aa + \frac{2}{3} r^2) + \frac{4}{3} x^2 \sqrt{(r^2 - x^2)}$. Multiplicirt man diese Größe durch $dx$ oder $PP^1$, so erhält man die Schwungkraft der zwei wesentlichen Theile der Oberfläche des Zirkels $P^1 P M M^1$ und $p p^1 m^1 m$; folglich indem man das Integrale sucht, erhält man die Schwungkraft der Fläche P M m p; denn das Integrale des ersten Theils entsteht von $(2aa + \frac{2}{3} rr) \int dx \sqrt{(rr - xx)}$ und um das Integrale des zweiten Theils zu haben, muß man sehen, welches das Zusammengesetzte der zwei Glieder sei, $\frac{1}{3} rr \int dx \sqrt{(rr - xx)} - \frac{1}{3} x (rr - x^2) \frac{3}{2}$, wovon folgendes den Beweiß giebt.

Das Differenziale von $- \frac{1}{3} x (r^2 - x^2) \frac{3}{2}$ ist $- \frac{1}{3} dx (rr - xx) \frac{3}{2} + xx dx \sqrt{rr - xx}$, oder $- \frac{1}{3} rr dx \sqrt{(rr - xx)} + \frac{1}{3} xx dx \sqrt{(rr - xx)} + xx dx \sqrt{(rr - xx)} = \frac{4}{3} xx dx \sqrt{(rr - xx)} - \frac{1}{3} rr dx \sqrt{(rr - xx)}$, daher das Differenziale von $\frac{1}{3} rr \int dx \sqrt{(rr - xx)} - \frac{1}{3} x (r^2 - x^2) \frac{3}{2}$ ist $\frac{4}{3} xx dx \sqrt{(rr - xx)}$.

Folglich ist das gesuchte Integrale $(2aa + \frac{2}{3} rr) \int dx \sqrt{(rr - xx)} + \frac{1}{3} rr \int dx \sqrt{(rr - xx)} - \frac{1}{3} x (rr - xx) \frac{3}{2} = (2aa + rr) \int dx \sqrt{(rr - xx)} - \frac{1}{3} x (rr - xx) \frac{3}{2}$. Macht man in diesem Integrale $x = r$, um die Schwungkraft des Halbzirkels ganz zu haben, so verschwindet das zweite Glied, und das erste Glied wird $aa + rr$ multiplicirt mit der Oberfläche eines Viertheils des Zirkels, weil man deutlich sieht, daß $dx \sqrt{(rr - xx)}$ das Element $P P^1 M^1 M$ eines Viertheils des Zirkels ausdrückt, und daß folglich $\int dx \sqrt{(rr - xx)}$ davon die ganze Oberfläche erschöpft, wenn $x = r$; nimmt man aber c für den Umfang eines Zirkels, dessen Radius 1 ist, so wird $cr$ der Umkreis des Zirkels sein, dessen Radius r ist, und $\frac{cr}{4} \cdot \frac{r}{2}$ oder $\frac{crr}{8}$ wird die Oberfläche des Viertheils des Zirkels sein: multiplicirt man daher diese Größe durch $2aa + rr$, und duplirt sie, so erhält man die Schwungkraft des ganzen Zirkels $\frac{1}{2} a^2 r^2 + \frac{1}{4} c r^4$.

Solchemnach kann man nunmehr auch die Schwungkraft eines Abschnitts der Kugel B H b B finden, die um eine Axe I A G mit der Ebene oder mit der Basis dieses Seg-

Segments perpendikular schwingt; es sei $I S = A C = a$, $S O = b$, $C H = u$, $C B = \sqrt{(2 b u - u u)}$; setzt man an die Stelle von $r^2$ in der Expression $\frac{1}{2} a^2 r^2 c + \frac{1}{2} c r^4$ seinen Werth $2 b u - u u$, und an die Stelle von $r^4$ seinen Werth $4 b^2 u^2 - 4 b u^3 + u^4$, so erhält man $a^2 c b u - \frac{1}{2} a^2 c u u + b b c u^2 - b c u^3 + \frac{1}{4} c u^4$, als die Schwungkraft des Zirkels, welche dem Segment zur Basis dient; multiplicirt durch $d u$, und integrirt erhält man $\frac{1}{2} c a^2 b u^2 - \frac{1}{6} c a^2 u^3 + \frac{1}{3} c b^2 u^3 - \frac{1}{4} c b u^4 + \frac{1}{20} c u^5$ für die Schwungkraft des gegebenen Segments.

Um die Entfernung des Mittelpunkts der Schwungbewegung bis zum Punkt A zu haben, d. i. die Länge A X, muß man die Schwungkraft durch das Moment, d. i. durch das Produkt von A C und der Masse oder den körperlichen Inhalt des Segments dividiren.

Die Oberfläche des Segments der Kugel ist gleich C H, multiplicirt durch den Umkreis $c b$ eines großen Zirkels der Kugel d. i. $c u b$; der körperliche Inhalt eines sphärischen Sektors S B H b S ist gleich dieser Oberfläche multiplicirt durch den dritten Theil des Radius oder $\frac{1}{3} b^2 c u$; der körperliche Inhalt des Kegels B S b, den man davon abziehen muß, ist gleich der Oberfläche des Zirkels, der ihm zur Basis dient, multiplicirt durch den dritten Theil seiner Höhe S C $(b - u)$; $r : c \sqrt{(2 b u - u u)} : c \sqrt{(2 b u - u u)}$ Umkreis des Zirkels B b, der multiplicirt durch $\frac{1}{2} \sqrt{(2 b u - u u)}$ giebt $\frac{c}{2} (2 b u - u u)$; multiplicirt nochmals durch $\frac{1}{3} (b - u)$ giebt $\frac{1}{3} c b^2 u - \frac{1}{2} b c u^2 + \frac{1}{6} c u^3$, welcher, abgezogen von dem körperlichen Inhalt des Sektors $\frac{1}{3} b^2 c u$, giebt $+ \frac{1}{2} b c u^2 - \frac{1}{6} c u^3$, dividirt man das obige Integrale durch $\frac{1}{2} a b c u^2 - \frac{1}{6} a c u^3$, so erhält man $(\frac{1}{2} c a^2 b u^2 - \frac{1}{6} c a^2 u^3 + \frac{1}{3} c b^2 u^3 - \frac{1}{4} c b u^4 + \frac{1}{20} c u^5) : a (\frac{1}{2} c b u^2 - \frac{1}{6} c u^3)$, dividirt man den Zähler und Nenner dieses Bruchs durch $c u^2$ und multiplicirt ihn durch 2, so erhält man $(a^2 b - \frac{1}{3} a^2 u + \frac{2}{3} b^2 u - \frac{1}{2} b u^2 + \frac{1}{10} u^3) : a b - \frac{1}{3} a u$, oder $\frac{a^2 b - \frac{1}{3} a^2 u}{a b - \frac{1}{3} a u} + \frac{\frac{2}{3} b^2 u - \frac{1}{2} b u^2 + \frac{1}{10} u^3}{a b - \frac{1}{3} a u} = a + \frac{\frac{2}{3} b^2 u - \frac{1}{2} b u^2 + \frac{1}{10} u^3}{a b - \frac{1}{3} a u}$ welches der gesuchte Ausdruck ist.

Allein da es bequemer ist, nur den Halbmesser der Basis des Segments zu nehmen, anstatt den der ganzen Kugel, so muß man diese Formel auf folgende Art über-

übersetzen: es sei B C $= r$, das Dreieck B C S giebt $bb = rr + (b - u)^2$ daher $b = \frac{rr + uu}{2u}$, welches den Werth in dem vorigen Bruche ausdrückt, hat man den Zähler $\frac{2}{3} u \frac{r^4 + 2r^2u^2 + u^4}{4u^2} - \frac{1}{2} rru - \frac{1}{4} u^3 + \frac{1}{10} u^3$, und der Nenner wird sein $\frac{arr + auu - \frac{2}{3} au^3}{2n}$, multiplicirt man beides durch 2 u und reducirt es, so erhält man $\frac{\frac{1}{3} r^4 + \frac{2}{3} r^2u^2 + \frac{1}{3} u^4 - r^2u^2 - \frac{3}{10} u^4}{a(rr + \frac{1}{3} uu)} = \frac{\frac{1}{3} r^4 + \frac{1}{6} r^2u^2 + \frac{1}{30} u^4}{a(rr + \frac{1}{3} uu)}$ dieser Bruch addirt zu a giebt die Länge der einfachen gesuchten Penduln oder den Abstand A X von dem Mittelpunkt der Schwungbewegung bis zum Anhängepunkt.

## Beyspiel.

Man nehme an eine Linse von 7 Zoll $2\frac{1}{2}$ Lin. im Durchmesser und 13 Linien dick, die Entfernung A C 36 Zoll 8 Lin. 57, man verlangt zu wissen, um wieviel der Mittelpunkt der Schwungbewegung unter dem Mittelpunkt der Schwere C der Linse sei; man bediene sich dazu der Logarithmen. Um die Arbeit abzukürzen, und nachdem man alles zu Linien gemacht, lasse man sein $\frac{1}{3} r^4 = 1166334.6$; $\frac{1}{6} r^2 u^2 = 13171.9$; $\frac{1}{30} u^4 = 59.5$; $\frac{1}{3} uu = 14{,}08$; $rr + \frac{1}{3} uu = 1884.64$ und den ganzen Bruch 1,4206 d. i. beinahe $1\frac{1}{2}$ Linie.

Nun wollen wir diesen Saz auf ein zusammengesetztes Pendulum mit einer Linse und metallnen Röhre, wie das Pendulum K G (Fig. 7) anwenden, welches demjenigen ähnlich sei, wovon wir bereits geredet haben; in dieser Absicht nehme man die nämliche Linse, wie oben, an, und einen Zylinder F X von dem nämlichen Metall, der 8 Linien im Durchmesser halte, von einer Höhe von 33 Zoll 1 Lin. $\frac{7}{100}$ sei, und an den Mittelpunkt seiner obern Basis aufgehangen werde; die Entfernung K E des Mittelpunkts der Schwungbewegung wird sein 22 Zoll 0 Lin. 730, der körperliche Inhalt des Zylinders 19958,96 Kubiklinien, der körperliche Inhalt der Linse 38485,90 Kubiklinien; (man kann sie besonders wägen anstatt den körperlichen Inhalt zu berechnen, wie ich hier gethan habe) der Abstand K C des Mittelpunkts der Schwere der Linse 440 Lin. 57, der Abstand K O des Mittelpunkts der Schwungbewegung 441 Lin. 99; mithin $\frac{K E . K D . C}{K D . C + K C . S} = 50$ Lin. 15, und $\frac{K O . K C . S}{K C . C + K C . S} = 358$ Lin. 26, so daß beide zusammen betra-

gen

gen 408 Lin. 41, als der Abstand K Y des Mittelpunkts der Schwungbewegung des Pendulum aus einer Linse und Zylinder zusammengesetzt: es wird also der Mittelpunkt der Schwungbewegung Y über dem Mittelpunkt C der Linse sein 32 Lin. 16.

Nach dem was wir über die Dauer und den Isochronismus der kleinen Schwungbewegungen des Pendulum gesagt haben, setze man Bögen voraus, die sehr klein sind, und wenn man die Länge des einfachen Sekundenpendulum bestimmt, so nehme man gleichfalls die kleinsten Bögen an, d. i. Bögen, die kleiner sind als jede bestimmte Größe.

Wenn die Bögen, welche dieses Pendulum beschreibt, zu einer bestimmten Größe anwachsen, so wird das Pendulum, welches stündlich 3600 Vibrationen machte, verweilen und weniger machen, daß also das Sekundenpendulum, welches unendlich kleine Bögen beschreibt, langsamer geht als dasjenige, welches Sekunden von bestimmter Größe der Bögen macht.

Um einen Begrif von dieser Differenz zu geben, habe ich folgende Tafel entworfen, woraus man sieht, wie viel Sekunden täglich man das wahre Sekundenpendulum verweilen lassen kann, ohne seine Länge zu verändern, je nachdem man es irgend eine Größe der Bögen beschreiben läßt.

| Beschriebene Bögen zu jeder Seite der senkrechten Lage. | | | Länge jeder halben Oscillat. in Linien und Dezimal. | | | Größe, um welche das Pendulum täglich verweilt. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5° | 0' | 0'' | 38 Lin. | — | 432 | 41'' | 148 |
| 4 | 0 | 0 | 30 — | — | 745 | 26, | 352 |
| 3 | 0 | 0 | 23 — | — | 059 | 14, | 796 |
| 2 | 0 | 0 | 15 — | — | 372 | 6, | 588 |
| 1 | 0 | 0 | 7 — | — | 686 | 1, | 647 |
| 0 | 30 | 0 | 3 — | — | 843 | 0, | 412 |
| 0 | 15 | 0 | 1 — | — | 921 | 0, | 103 |
| 0 | 1 | 0 | 0 — | — | 128 | 0, | 0004 |
| 0 | 0 | 1'' | 0 — | — | 002 | 0, | 0000001 |
| | | | | | | oder ein Sekunde in 21500 Jahren. | |

Folgendes ist das Verfahren, dem ich bei Berechnung dieser Tafel gefolgt bin, die man willkührlich wird fortsetzen können.

Ich nehme zum Grundsatze an, welcher vermöge der Approximation sich ergiebt, die die höhere Geometrie uns verschaft, nämlich daß die Zeit oder Dauer einer Oscillation sich vermöge der Größe der Bögen um seinen achten Theil, multiplicirt durch den Sinus versus oder durch die Höhe des Bogens, vermehre; ich fange daher an die Sinus versus kleiner Bögen zu berechnen, indem ich annehme, daß sie sich wie die Quadrate der Bögen vermindern, z. B. wenn der Sinus versus von 4° ist 0, 00249, so ist derjenige von 2° 0, 00061 und so findet man weiter nach Verhältniß der Quadrate, daß derjenige von 15′ ist 0,00000953125, man darf daher diesen Bruch zum achten Theil einer Sekunde addiren, und alles durch 86400″ multipliciren, d. i. um so viel als Sekunden in 24 Stunden sind, so erhält man 0″ 1029375, das Pendulum wird also ohngefähr um den zehnten Theil einer Sekunde täglich verweilen, oder eine Sekunde innerhalb zehn Tagen, wenn es Bögen von 15′ auf jeder Seite der perpendikularen Richtung, oder 1 Linie 9 Zehntheile beschreibt, d. i. im Ganzen einen Raum von ohngefähr 4 Linien; es ist leicht in der Ausführung Pendeluhren zu machen, deren Unruhe nicht größere Räume beschreibt.

Uebrigens lassen sich die angezeigten kleinen Berechnungen nicht bequem anstellen, wenn man nicht die Natur der Logarithmen und der Dezimalbrüche kennt.

Obige Tafel verschaft bei Pendeluhren ein Mittel, um die Güte einer ruhenden Hemmung zu berichtigen, und zu wissen, ob die Kraft und Geschwindigkeit, die er dem Haken ersetzt, nicht zu groß oder zu klein sei, und ob sie gleichförmig vertheilt wird; denn wenn ein Sekundenpendulum in seinem natürlichen Zustande mit einem leichten Gewichte ganze Bögen von $2\frac{1}{2}$ Zoll beschreibt, und die Uhr gehörig regulirt ist, so kann man in diesem Zustande durch doppeltes oder dreifaches Gewicht, durch Auspuzen, oder durch viel Oel doppelte Bögen beschreiben lassen, d. i. von 5 Zoll, wo es jezt nach der Tafel täglich um 20″ zurückbleiben wird, weil 6″ von 26″ einen Unterschied von 20″ giebt, verweilt sie nicht mehr noch weniger, so ist dies ein Beweis, daß die Hemmung dem Pendulum alle Freiheit gestattet, und daß sie ihm genau das ersezt, was es durch Anreibung und den Widerstand der Luft verlohr, mithin das Pendulum an der Uhr eben so frei vibrire als es frei oder im Luftleeren Raume geschähe.

Man hat bereits das Verfahren gesehen, durch Erfahrung die Länge des einfachen Pendulum zu finden, welches 3600 Vibrationen in einer Stunde macht, oder wel-

welches Sekunden vibrirt, allein noch giebt es hiebei verschiedene Reduktionen, die man machen muß, wie Herr Bougeur in seinem Werke: la Figure de la terre angemerkt hat. 1) Wegen der Höhe des Orts, wo man über der Oberfläche der Erde observirt; 2) wegen der größern oder geringern Schwere der Luft in dieser Höhe; 3) muß man Rücksicht auf die Wärme des Orts nehmen; 4) wegen der Zentrifugalkraft, welche vermöge der täglichen Bewegung der Erde um ihre Axe erzeugt wird; 5) wegen der Wirkung des Widerstands der Luft, welche die Geschwindigkeit des Pendulum vermindert; 6) gehört hieher noch eine Reduktion, welche von der Größe der Bögen herrührt, die man das Pendulum beschreiben läßt, womit man die Versuche anstellt.

An einem höhern Orte, der folglich von dem Mittelpunkte der Erde entfernter ist, vermindert sich die beschleunigende Kraft um so viel, als das Quadrat der Entfernung zunimmt, hat daher einerlei Pendulum weniger Schwere, so werden die Oscillationen weniger schnell sein; das Sekundenpendulum wird also hier kürzer sein müssen als anderwärts, um seine Vibrationen zu beschleunigen, welche wegen der Entfernung verzögert werden.

Als daher Herr Bougeur im Jahr 1737 auf der Spitze des Pichincha, d. i. 2434 Toisen über der Oberfläche des Meers Versuche anstellte, so war die Länge des Pendulum 36 Zoll 6, 7 Linien; er schloß daher, daß an der Oberfläche des Meers es 36 Zoll 7, 07 Lin. d. i. um $\frac{37}{1000}$ einer Linie länger gewesen wäre, wie auch die Erfahrung bestätiget hat.

Die Schwere der Luft vermindert die Schwere der übrigen Körper, d. i. ihr Bestreben und ihre Kraft gegen den Mittelpunkt der Erde, indem sie einen Theil unterstützt, so wie Wasser Körper unterstützt, welche auf der Oberfläche schwimmen, ein Pendulum also, welches in der Luft vibrirt, ist leichter, als wenn es im luftleeren Raume oscillirte, folglich macht es weniger Vibrationen, die denn auch langsamer geschehen; man müßte daher das Pendulum verlängern, welches in der Luft Sekunden vibrirt, wenn man es in luftleeren Raum versetzt, weil seine Vibrationen hierin schneller geschehen; im vorigen Falle verlohr das Pendulum $\frac{1}{11000}$ seiner Schwere, wegen der Schwere der Luft, woher man denn nach bereits angegebenen Grundsätzen schließen kann, daß man $\frac{4}{100}$ einer Linie zusetzen müsse.

Was die Wärme des Orts betrift, so weiß man, daß eine Stange Eisen von 3 Fuß sich ohngefähr um $\frac{2}{100}$ einer Linie bei 3 Grad Wärme nach dem Thermometer des Reaumür verlängert; um also die Resultate zu vergleichen, muß man alle Versuche, die man anstellt, auf eine mittlere Temperatur z. B. auf 10 Grad zurückbringen; da nun

 auf

auf dem Pichincha die Kälte größer ist, so hätte sich die eiserne Stange, die zum Maaße des Pendulum dient, um $\frac{5}{100}$ oder 0. 05 Lin. verkürzt, das Sekundenpendulum würde also um so viel zu lang, und man müßte es um so viel verkürzen, um es dahin zurück zu bringen, als man gefunden, wenn das Thermometer auf 10 Grad gestanden.

In Rücksicht der Zentrifugalkraft hat Herr Huyghens zuerst gezeigt, um wieviel die Bewegung der Erde um ihre Axe die Schwere der Körper oder ihr Bestreben gegen den Mittelpunkt der Erde vermindert; wir wollen annehmen, der Zirkel A G C L Fig. 3 stelle die Erdkugel vor, welche sich mit einer großen Schnelligkeit von der Rechten zur Linken wende; ein Körper, der sich in A befindet, erlangt beim Umdrehen eine Zentrifugalkraft, vermöge welcher er von A nach M gienge, wo er sich von der Erde entfernte, und sich um die Größe L M höbe, wenn die Kraft der Erde, welche unvergleichbar größer ist, ihn nicht auf ihrer Oberfläche zurück hielte; diese Kraft der Erde wird also vermöge dieser Wirkung in entgegengesetzter Richtung nach L M etwas vermindert, ein Körper also, welcher im Fallen in einer Sekunde 15 Fuß 7, 41 Linien vermöge der Kraft der Schwere durchlauft, würde 15 Fuß 1 Zoll 2, 95 Lin. durchlaufen, d. i. 7, 54 Lin. mehr, wenn die Zentrifugalkraft nicht seine Schwere verminderte, weil die Linie L M 7 Linien für den Bogen A L beträgt, den die Erde in einer Sekunde Zeit durchlauft, d. i. für 1435 Fuß; wenn der in einer Sekunde von schweren Körpern beschriebene Raum 15 Fuß 1 Zoll 2, 95 Lin. wäre, so würde das Sekundenpendulum 36 Zoll 8, 74 Lin. sein, wie man nach oben schließen kann, und es würde um 1, 53 Lin. länger werden, allein da der Raum A L, den die Körper auf der Erde in einer Sekunde vermöge der täglichen Bewegung durchlaufen, kleiner wird, wenn man sich den Polen nähert, und folglich auch M L, so wird auch die Wirkung der Zentrifugalkraft um diese Größe von 1, 53 Lin., um welche das Sekundenpendulum im Aequator vermehrt werden muß, vermindert, wie das Quadrat des Kosinus der Breite ist; sie wird also am Vorgebirge der guten Hofnung nur 1, 04 Lin. zu Paris 0, 67 Lin. und zu Lappland 0, 24 Lin. sein. Man muß daher nothwendig die beobachteten Längen in jedem Lande verbessern, um sie einerlei zu machen, d. i. im Falle, wo die Erde unbeweglich wäre, um sie von einer Wirkung zu befreien, welche nach den Oertern verschieden ist, und um sie so zu haben, als blos der Unterschied der Schwere auf sie wirkt, welche von der Dichtigkeit der Erde herrührt, von ihrer Abplattnng, und von den Richtungen der Schwere.

Der Widerstand der Luft schien dem ersten Ansehn nach viel in der Beschaffenheit und Dauer der Oscillationen verändern zu müssen, es sei nun durch die Anreibung der Theile, oder durch die beständige Versetzung einer Menge Luft, gleich dem Raume, den das Pendulum einnimmt; allein diese Wirkung ist ungleich geringer als man glauben dürfte.

Es

Es ist wahr, daß dieser Widerstand beiträgt, die Bewegung des Pendulum zu stören, und es stehen zu machen; so wird in einer Viertelstunde z. B. das Pendulum, welches Bögen von 2 Zoll beschreibt, auf einen Zoll gebracht werden, folglich einige Minuten länger dauern, wenn es höher stünde, oder wo die Luft leichter und dünner wäre.

Die Dauer einer halben fallenden Oscillation wird etwas vermehrt, allein die Dauer der halben steigenden Oscillation wird um eben soviel vermindert, so daß die ganze Dauer die nämliche bleibt, ohne irgend einen merklichen Unterschied; und obschon die Größe der Oscillationen oder der beschriebenen Bögen immer nach einem geometrischen Verhältnisse vermindert wird, wie Herr Bouguer beobachtet hat, so ist doch der Unterschied zwischen der Dauer einer Oscillation, und der Dauer, die im luftleeren Raume Statt findet, noch die nämliche, und äußert weiter keine merkliche Veränderung. Das Pendulum hebt sich weniger hoch, als es im luftleeren Raume geschähe; allein ich setze voraus, daß es zwei Zoll auf jeder Seite zu durchlaufen habe, so wird es jetzt, wenn es einen Zoll im Steigen durchlaufen hat, etwas mehr Geschwindigkeit erhalten, als im luftleeren Raume, und es blieb ihm nur ein Zoll noch zu durchlaufen übrig, weil ihm genug übrig bleiben wird, um den Widerstand zu überwinden, den es auf die Länge eines Zolls äußern wird; eben so wird es im Falle bei jedem Punkte, als es im luftleeren Raume erhalten, etwas weniger Geschwindigkeit haben, nachdem es den nämlichen Raum durchlaufen, und diese Verminderung wird der Vermehrung beim steigenden Bogen gleich sein.

Diese Gleichheit besteht auch zwischen der Vermehrung der Geschwindigkeit im Steigen, und ihrer Verminderung im Fallen, welches auch das Gesetz des Widerstands in der Mitte sei, vorausgesetzt, daß die Größe, um welche die Geschwindigkeit vermehrt und vermindert wird, sehr geringe ist, denn alles dieses ist blos eine Näherung, woraus indessen folgt, daß in dieser Rücksicht in der Länge des Pendulum keine Korrektion zu machen ist.

Endlich ist noch die Korrektion übrig, welche von der Größe der Bögen abhängt, die man das Pendulum beschreiben läßt, womit man die Versuche anstellt; niemand hat noch, so viel ich weiß, darauf Rücksicht bei der Berechnung der Längen des einfachen Pendulum genommen, indessen ist es doch zufolge oben gewiß, daß ein Pendulum, ob es auch 3600 Vibrationen in einer Stunde macht, wenn es blos Bögen von zwei Zoll beschreibt, nicht das wahre Sekundenpendulum ist, (dessen Bögen unendlich klein sein müßten) sondern daß es täglich um $4\frac{1}{2}$ Sekunden verweilt, folglich wenn man die Größe seiner Bögen ver-

verminderte, so würde es täglich um $4\frac{1}{2}$ Sekunden voreilen; es ist also um $\frac{45}{1000}$ einer Linie zu kurz; wären die Bögen 4 Zoll, so müßte man die Länge des Pendulum um 0,16 Lin. oder um $\frac{16}{100}$ einer Linie vermehren.

Setzt man diese Größe zur Länge des Pendulum, womit man die Versuche anstellt, und das nach der Toise gemessen worden, so wird man die Länge des einfachen Pendulum haben, von allen veränderlichen Ursachen befreit, nämlich 1) dessen ganze Schwere auf einen einzigen Punkt gebracht worden; 2) ohne allen Widerstand in seiner Bewegung; 3) in der Höhe der Meeresfläche, wenn es im mittlern Zustande zwischen Ebbe und Fluth ist; 4) im vollkommnen luftleeren Raume; 5) in einer Temperatur gleich derjenigen der Keller des Observatorium; 6) wenn die Erde als unbeweglich angenommen wird; 7) wenn das Pendulum unendlich kleine Bögen beschreibt.

---

## III.

## Bemerkungen über die Berechnung der Räderwerke für jeden gegebenen Zeitraum.

Von Herrn Franz. de la Lande *).

---

Villeicht, daß eine nähere Untersuchung über den arithmetischen Theil des Eingriffs eines Räderwerks hier am rechten Orte angewendet sei, da so viele Künstler hier immer nur mit fremden Augen sehen müssen. Ein übrigens geschickter Künstler gestand einst öffentlich, daß er über die Berechnung eines Sonnensystems 20 Jahre zugebracht habe, da, wenn er genauere Kenntnisse dieses arithmetischen Theils seiner Kunst gehabt, er kaum einen Tag Zeit gebraucht hätte. Man kann hieraus den Nutzen sehen, den die Mathematik in dieser Art Arbeit gewähret.

Wenn ein Rad von einer gewissen Anzahl Zähne in ein andres greift, dessen Anzahl Zähne geringer ist, so muß dieses für jede Revolution des erstern Rades so oft herum-

*) S. Traité d'Horlogerie par Mr. Lepaute (à Par. 1760 4.) p. 261 seqq.

herumgehen, so vielmal die Anzahl der Zähne des letztern Rades in derjenigen des erstern enthalten ist; so wird z. B. ein Rad von 64 Zähnen ein anderes von 12 Zähnen $5\frac{1}{3}$ mal herumtreiben, ehe es selbst eine Revolution macht, weil 12 im 64 fünf und $\frac{1}{3}$ mal enthalten ist, mithin verhalten sich hier die Zahlen wie die Dauer ihrer Revolutionen.

Man nehme eine gemeine Pendeluhr, und in dieser ein Rad, welches in einer Zeit von 12 Tagen einmal herumgehe, wollte man hieran ein Jahrrad anbringen, d. i. welches seine Revolution in $365\frac{1}{4}$ Tagen vollendete, welche Zahl die erste 30 mal und $\frac{1}{12}$ und $\frac{1}{4}$ von 12 d. i. $\frac{1}{18}$, in sich enthält, so müßte man an das gegebene Rad ein Trieb stecken, und dem Jahrrade 30 mal und $\frac{5}{12}$ und $\frac{1}{48}$ mehr Zähne geben als dem Triebe; z. B. ein Trieb von 48, und ein Rad von 1641, oder wenn man den dritten Theil dieser Zahl nimmt, ein Trieb von 16 und ein Rad von 487.

Indessen ist es bei etwas großen Zahlen oft schwer die gemeinschaftlichen Divisoren sogleich zu übersehen, um sie auf die kleinsten Zahlen zurückzubringen, als wir hier thaten, z. B. indem wir die beiden Zahlen 48 und 1461 durch 3 dividirten. Um indessen alle ihre Primzahlen (les nombres premiers entr'eux) zu finden, wodurch man sich dem Gesuchten nähern könne, bediene man sich der fortlaufenden Brüche, welche Methode Brunker im vorigen Jahrhunderte zur Quadratur des Zirkels anwandte, und Huyghens bei seinem Planetensystem gebrauchte.

Solchemnach dividire man 1) die größte Zahl durch die kleinste, 2) den ersten Divisor oder die kleine Zahl durch den Rest von der ersten Division, 3) den zweiten Divisor oder den ersten Rest durch den Rest von der zweiten Division, 4) den dritten Divisor oder den zweiten Rest durch den Rest von der dritten Division u. s. w. Auf diese Art entsteht eine Reihe von Brüchen, wovon der Zähler eines jeden ein Theil des Nenners des vorhergehenden ist; der Zähler eines jeden Bruchs bleibt immer 1, und der Nenner ein Quotient der vorhergehenden Division über 1; es ist also der Nenner des ersten Bruchs der Quotient der kleinen gegebenen Zahl, dividirt durch den ersten Rest, über die Einheit, welche zum Nenner des folgenden Bruchs bleibt.

Ein Beispiel wird die Sache deutlich machen, man nehme ein Rad von 15 Stunden, welches ein Jahrrad treiben solle, d. i. welches in 365 Tagen 5 Stunden 49 Minuten eine Revolution vollende, beider Umläufe werden also in einem Verhältniß stehen wie 900' zu 525949', man muß daher zwei Zahlen finden, welche diesem Verhältniß so nahe als möglich beikommen.

Man

Man dividire also die große Zahl durch die kleine, der Quotient wird sein 584, und 349 als Rest, woraus der Bruch $\frac{349}{584}$ entsteht. Dieser Bruch läßt sich auf keine kleinere Zahl zurückbringen, aber er kann in einen einfachen Bruch verwandelt werden, dessen Zähler 1 und sein Nenner ein andrer Bruch ist, denn $\frac{349}{900}$ ist gleich $\frac{1}{2 + \frac{202}{349}}$, weil wenn der Zähler und Nenner durch 349 dividirt werden, im Bruche selbst nichts verändert wird, sondern der Zähler wird 1 und der Nenner $2 + \frac{202}{349}$, denn man erhält, wenn man 900 durch 349 dividirt zum Quotienten 2 und zum Reste 202; So läßt sich der Bruch $\frac{202}{349}$ ebenfalls zurückbringen, indem man Zähler und Nenner durch 202 dividirt, oder welches das nämliche ist, wenn man 349 als den ersten Rest, durch 202, als den zweiten Rest dividirt, und man erhält den Bruch $\frac{1}{1 + \frac{147}{202}}$. Eben so bringt man den Bruch $\frac{147}{202}$ zurück, wenn man den zweiten Rest 202 durch den dritten 147 dividirt; setzt man also immer 1 zum Zähler, und den gefundenen Quotienten zum Nenner, so erhält man einen fortlaufenden Bruch.

$$584 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{2 + \frac{1}{18}}}}}}}$$

Der Vortheil, den man von dergleichen fortlaufenden Bruchzahl hat, besteht darin, daß man hierin so viele Ausdrücke von Primzahlen findet, die beinahe einerlei gegebenes Verhältniß bezeichnen, als es Brüche giebt, indem man mehr oder weniger von diesen Brüchen wegläßt. Lasse ich z. B. alle fahren außer den ersten $\frac{1}{2}$, so habe ich $584 + \frac{1}{2}$; multiplicirt man nun 584 durch 2 und addirt 1 dazu, so erhält man $\frac{1169}{2}$ wel=

welches dem Verhältniß 525949 zu 900 beinahe gleich kommt; nimmt man zwei Brüche $\frac{1}{2+\frac{1}{1}}$, die sich auf $\frac{1}{3}$ zurückbringen lassen, so erhält man $\frac{1753}{3}$; nimmt man deren drei, welche $\frac{2}{5}$ betragen, so hat man $\frac{2922}{5}$; oder man nimmt fünfe, welche $\frac{7}{18}$ betragen, so hat man $\frac{10519}{18}$.

Ich setze voraus, daß man die ordentliche Berechnung der Brüche verstehe, die Art eine ganze Zahl zu einem Bruch zu addiren, und eine ganze Zahl durch einen Bruch zu dividiren. Z. B. um den fortlaufenden Bruch $\frac{1}{2+\frac{2}{1+1}}$ zurückzubringen, fange man an durch Reducirung $2+\frac{1}{1+1}$ d. i. $2+\frac{1}{2}$ indem man die ganze Zahl 2 durch den Nenner des Bruchs 2 multiplicirt, um daraus einen Bruch zu machen, so erhält man $\frac{4}{2}+\frac{1}{2}$ oder $\frac{5}{2}$. Man hat also $\frac{1}{\frac{5}{2}}$ statt des gegebenen fortlaufenden Bruchs, d. i. ein Ganzes dividirt durch einen Bruch; um diesen Bruch einfach zu machen, mache man die 2 zum Zähler, so erhält man $\frac{2}{5}$, welcher einfache Bruch dem gegebenen fortlaufenden Bruche gleich ist.

Man nehme ein etwas mehr verwickeltes Beispiel: die Dauer der Revolution des Saturns und den Zeitraum eines Jahrs, welche in dem Verhältnisse wie 2640858 zu 77708431 stehen, welche Zahl durch die erste dividirt 29 zum Quotienten giebt, und 1123549 zum ersten Reste. Man dividire die erste Zahl 2640858 durch diesen ersten Rest, den ersten Rest durch den zweiten 393760, den zweiten durch den dritten 336029, den dritten durch den vierten 56731, den vierten durch den fünften 52374, den fünften durch den sechsten 4357, den sechsten durch den siebenten 90, den siebenden durch den achten 37, den achten durch den neunten 16, den neunten durch den zehn-

zehnten 5, so bleibt $\frac{1}{5}$ übrig; setzt man nun immer 1 zum Zähler, und den Quotienten zum Nenner, so erhält man eine fortlaufende Bruchzahl.

$$29 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{5 + \cfrac{1}{1 + \cfrac{1}{12 + \cfrac{1}{48 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{2 + \cfrac{1}{3 + \cfrac{1}{5}}}}}}}}}}}$$

Nimmt man blos die ersten drei Brüche, und reducirt sie, wie im vorhergehenden Beispiel, so erhält man $\frac{206}{7}$ als das gesuchte Verhältniß, welches sich der Wahrheit soweit nähert, daß, wenn man dem Jahrrade einen Trieb von 7 und dem Rade für den Saturn 206 Zähne giebt, dieses innerhalb 1346 Tagen um einen Zahn wechselt.

Diese vorgetragene Methode ist sehr kurz, allein sie reicht dann nicht zu, wenn man zusammengesetzte Verhältnisse von mehrern Rädern und Trieben sucht; man muß hier sich die Mühe nicht verdrüßen lassen, die Divisoren der Zahlen zu suchen, eine zwar lange und verdrüßliche Arbeit, die aber mit Hülfe der Tafeln für die Divisoren sehr kurz wird.

Z. B. man wolle vermittelst eines Rades von 15 Stunden ein Jahrrad von 8766 Stunden bewegen, so untersuche man alle Divisoren von 8766, wo man blos 3, 3, 2 findet und denn auf 487 stößt, welches nicht mehr theilbar ist, und daher ein Rad von 487 anwenden muß, welches in das Rad von 15 greift, sodann aber, um es noch durch 18 zu multipliciren (weil 487 der achtzehnte Theil von 8766 ist) nehme man noch z. B. ein Trieb von 6 und ein Rad von 108 oder ein Trieb von 8 und ein Rad von 144.

Indessen giebt es einige arithmetische Hülfsmittel, um sich Verhältnissen mehr zu nähern, wenn man sie nicht in ganzen Zahlen haben kann. Der P. Alexander hat in seiner Abhandlung von Uhren p. 174 ein eigenes Verfahren angegeben, was aber allen, die einige Kenntnisse in Rechnungen haben, bekannt ist; es besteht darin, daß man die zwei gegebenen Zahlen durch eine andre Zahl multiplicire, welche zwei oder drei Divisoren habe, die die Triebe geben, nachdem man zwei oder drei Eingriffe sucht, allein es beruht noch auf zwei Bedingungen, nämlich, daß wenn man sie durch eine von den zwei gegebenen Zahlen multiplicirt, und das Produkt durch die andre Zahl dividirt, die Division beinahe aufgehe, d. i. bis zu ein oder zwei Unitäten, und daß der Quotient zwei oder drei Divisoren habe, welche geschickt sind, die Zahlen der zwei oder drei Räder zu bestimmen. Dieses Verfahren erfordert ein sehr langes Versuchen, welches auch kaum abzuändern ist.

## Beispiel.

Man verlangt die Zahlen von drei Rädern und drei Trieben zu finden, welche wechselsweise eingreifen, dergestalt, daß, indem das erste Rad in 12 Stunden herumgeht, das zweite in einem Jahre herumkomme; dieses Verhältniß von 12 Stunden zu einem Jahre wird durch $\frac{525949^{\text{I}}}{720^{\text{I}}}$ oder vielmehr durch 730 $\frac{349}{720}$ ausgedrückt.

Man muß eine Zahl nehmen, welche das Produkt von drei andern kleinen Zahlen sei, welche geschickt sind, die Triebe zu bilden; z. B. 392, welche ein Produkt von 7, 7 und 8 ist, allein es ist nöthig, daß diese Zahl, welche man nimmt, so beschaffen sei, daß wenn man sie durch 349 multiplicirt, und das Produkt durch 720 dividirt, der Rest nicht mehr sei als 1, oder 2, oder 3 und so weiter, daß diese nämliche Zahl, die den ganzen Bruch $\frac{525949}{720}$ multiplicirt, die daraus erhaltene Zahl drei Divisoren enthalte, d. i. ein Produkt von 3 Zahlen sei, welche geschickt sind, drei Räder zu bilden. Um nun eine Zahl zu haben, welche durch 349 multiplicirt und durch 720 dividirt, nur 1 zum Rest gebe, muß man alle Produkte von 349 und von 720 nehmen, und dasjenige von 720 wählen, welches um 1 vermehrt, einem Produkt von 349 gleich ist.

Um diese Arbeit abzukürzen, muß man Acht haben, daß die Produkte von 720 die um 1 vermehret worden, sich mit 1 endigen, und deren vorletzte Ziffer eine gleiche Zahl sei; man nimmt daher unter den Produkten von 349 nicht, was ohne Unterschied entsteht, sondern welche diese Bedingung erfüllen als 3141 und 10121, wel-

ches Produkts durch 9 und 29 sind, diese lassen denn alle andre leicht finden, und besonders das was man sucht. Dividirt man nun 3141 durch 720 so erhält man 261 zum Rest, und dividirt man 10121 durch 720 so bleibt 41 d. i. (wenn man 720 hinzusetzt) 500 mehr, man setze daher immer 500 nach einander zu diesem Reste, indem man, wenn man kann, 720 abzieht, und addire nach und nach 20 zum Multiplikator 29, so erhält man durch dieses Mittel eine Tafel aller Multiplikatoren und aller Reste.

Bei Betrachtung dieser Tafel sehe ich, daß zwischen der Zahl 69 und der Zahl 149, welche um 80 von einander unterschieden sind, die Reste um 160 vermindert sind; ich schließe hieraus, daß sie noch um 160 vermindert würden, wenn man 149 noch um 80 vermehrte, d. i. daß von 229 der Rest 1 sein würde.

| Multiplikator | Reste. |
|---|---|
| 9 | 261 |
| 29 | 41 + 720 |
| 49 | 541 |
| 69 | 321 |
| 89 | 101 |
| 109 | 601 |
| 129 | 381 |
| 149 | 161 |

Man müßte daher 229 zum Produkt der Triebe annehmen, wenn es Divisoren hätte, allein da es keinen derselben hat, so findet dieses nicht Statt; man vermehre sie um 720, welches 949 giebt, allein diese Zahl hat zu Divisoren nur 73 und 13, welche keine Triebe geben können; ausserdem, wenn man sie anwenden wollte, so würde man finden, daß, wenn man den gegebenen Bruch durch 949 multiplicirte, die Zahl welche herauskäme $693230 \frac{1}{720}$ nur die Zahlen 383, 181, 10 zu Divisoren habe, welche für die Räder zu groß sind.

Man muß also eine andre Zahl suchen, oder ein Produkt der Triebe, wo wenn man den Bruch dadurch multiplicirt hat, der Rest 2 sei; dieserhalb ordne man die Multiplikatoren und die Reste, wie im ersten Falle, um folgende Tafel davon zu erhalten.

| Multiplikator. | Reste. |
|---|---|
| 18 | 522 |
| 38 | 302 |
| 58 | 82 |
| 78 | 582 |
| 98 | 362 |
| 118 | 142 |
| 138 | 642 |
| 158 | 422 |
| 178 | 202 |
| 318 | 102 |
| 458 | 2 |

Man sieht, daß die Reste um 500 wachsen, wenn man die Multiplikatoren um 20 vermehrt, dieses ist genug, um die Tafel nach Willkühr fortzusetzen, man sieht aber auch, daß zwischen 178 und 318, der Rest um 100 vermindert worden, woraus ich schließe, daß der Rest nur 2 ist, wenn der Multiplikator 458 sein wird.

Die

Die Zahl 458 sollte nun also das Produkt der Triebe sein, welche man sucht, allein sie hat keine andre Divisoren als 2 und 229, und wenn man sie um 720 vermehrt, so erhält man nur 31, 19, 2, welche für die Triebe nicht geschickt sind.

Man muß daher endlich ein Produkt für die Triebe suchen, welches so beschaffen ist, daß wenn man 349 durch 720 multiplicirt und dividirt, der Rest 3 oder 4 sei, zu der Abkürzung dieser Arbeiten werden aber alle vorhergegangene Arbeiten nutzen, denn 349 mult. durch 229 und div. durch 720 bleibt 1

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 349 | — | — | 458 | — | — | 720 | — | 2 |

folglich werden, wenn man die Multiplikatoren um 229 vermehret, die Reste stets um 1 vermehrt werden, also

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 349 | mult. | durch | 687 | und | div. durch | 720 | bleibt | 3 |
| 349 | — | — | 916 | — | — | 720 | — | 4 |
| 349 | — | — | 1145 | — | — | 720 | — | 5 |
| 349 | — | — | 1374 | — | — | 720 | — | 6 |
| 349 | — | — | 1603 | — | — | 720 | — | 7 |
| 349 | — | — | 1832 | — | — | 720 | — | 8 |

Bei Untersuchung aller dieser Divisoren nach einander siehet man, daß, wenn 916 um 720 vermindert wird, und 1832 um zweimal 720, wir zu unserm Endzweck gelangen; denn in der That ziehet man 1440 von 1832 ab, so bleibt 392, deren Divisoren sind 8, 7, 7, multiplicirt man den gegebenen Bruch durch 392, so erhält man 286350, deren Divisoren 83. 69. 50 zu drei Rädern sehr geschickt sind.

Nun ordne man nach Belieben die drei Räder von 83, 69 und 50, und die drei Triebe von 8, 7, 7, so daß das Rad von 12 Stunden einen dieser Triebe erhalte, und die übrigen zwei Räder die beiden andern Triebe. Die hervorgebrachte Revolution durch diese drei Räder ist sehr genau; denn wenn man 286350 durch 392 dividirt, und den Quotienten 730 $\frac{85}{196}$ durch 12 Stunden oder 43200'' multiplicirt, so erhält man 365 Tage, 5 Stunden 48 Minuten 58 $\frac{38}{49}$ Sekunden, als die wahre Länge des tropischen Jahres, oder als die Revolution der Erde von einer Nachtgleiche zur andern beträgt, welche in diesem Jahrhundert 365 Tage 5 Stunden 48 Minuten 46$\frac{1}{2}$ Sekunden nach den besten Beobachtungen zu sein scheint.

Man könnte noch viele Bemerkungen über die Verfertigung dergleichen Kombinationen machen, die sich aber alle darauf beziehen, daß man die Divisoren einer Zahl aufsuche, zu welcher Absicht man die Tabellen, welche man darüber gemacht, zu Hülfe ziehen kann.

## IV.

## Versuche über die Wirkungen des Widerstands des Oels und über die Anreibung der ruhenden Hemmung bei einer astronomischen Uhr *).

Da ich die Veränderungen wissen wollte, welche vom Oele und der Anreibung aus der Wärme in die Kälte bei einer astronomischen Uhr geschehen, so bemerkte ich die Grade, welche das Pendulum beschrieb. Das Thermometer stand 22 Grad, das Pendulum beschrieb Bögen von 25 Minuten, und im Winter, als die äußere Kälte 4 Grad unter dem Eispunkte war, ließ ich die Nacht über das Fenster des Zimmers offen, wo die Uhr stand; das Thermometer, welches zur Seite der Uhr hieng, kam jezt auf 1 Grad unter dem Eispunkte, und das Pendulum beschrieb blos Bögen von $12\frac{1}{2}$ Minuten: also hatten 23 Grad Unterschied in der Temperatur die Größe der Bögen des Pendulum zur Hälfte gegen diejenige im Sommer herabgesezt. Dies ist Wirkung vom Widerstande des Oels, und die Differenz von der Anreibung aus der Wärme in die Kälte. Nun sieht man, daß ohnerachtet der Theorie, nach welcher bei Verdopplung der Größe der kleinen Bögen der Isochronismus der Vibrationen nicht geändert wird, die Uhr indessen doch einen veränderten Gang haben müsse; denn die Anreibungen der Hemmung, welche ruhend ist, verändern merklich die Dauer der Vibrationen, wie man aus Erfahrung sehen kann.

Dieser Unterschied in der Größe der Bögen der Vibration wäre unendlich klein gewesen, wenn der von dem Pendulum beschriebene Bogen, anstatt 25 Minuten 2 oder 3 Grad gewesen wäre, denn so würde jezt die Wirkung des Oels in einem Verhältnisse mit der Stärke der Bewegung des Pendulum gestanden haben.

*) Ess. sur l'horlog. par Mr. Berthout. T. II. S. 306.

## V.

# Versuch an einer Sekundenuhr über die Wirkung der ruhenden Hemmung *).

Die Aequationsuhr, die ich der Akademie im Jahr 1754 vorlegte, ist mit der ruhenden Hemmung, und so eingerichtet, daß das Pendulum sehr kleine Bögen beschreibt. Der Haken der Hemmung dieser Uhr hat seinen Mittelpunkt der Bewegung 6 Zoll unter dem Aufhängungspunkte, deren Höhe dem Mittelpunkte des Hemmungsrades gleich ist, und der Stift der Gabel wirkt auf das Pendulum 12 Zoll vom Mittelpunkte der Aufhängung; der von dem Pendulum beschriebene Winkel ist also um die Hälfte kleiner als derjenige des Hakens. Nach diesem Verfahren ward der Haken, welcher einen größern Raum durchlief, leichter zu bearbeiten, allein ich habe seit einiger Zeit gefunden, daß dieses Verfahren, den von den Lappen der Hemmung durchlaufenen Weg zu vermehren, ohne die Größe der von dem Pendulum beschriebenen Bögen zu vermehren, sehr fehlerhaft ist, weil dies die Anreibungen und Veränderungen vermehrt; und dies ist es denn, was ich noch bei dieser Uhr hier berichtigen will; denn nachdem sie vollkommen regulirt war, sahe ich auf einmal, daß sie täglich mehr als zwei Minuten zu späte gieng: ich erhöhte die Linse um zwei Umgänge der Schraube, allein dessen ohnerachtet blieb die Uhr täglich zurück, welches ich denn der Anreibung der Haken zuschrieb: in der That sahe ich auch, daß die Lppen ganz trocken vom Oele waren, ohne daß jedoch die Politur des Haken gelitten; ich that daher nichts, als daß ich blos dem Haken Oel gab, worauf denn die Uhr viel zu früh gieng, und erst dann wieder regulirt ward, als ich die Linse wieder so weit zurück geführt, wie sie vorher stand.

Man sieht vermöge dieses Versuchs, daß wenn bei einer Uhr, deren Regulator viel Stärke hat, (die Linse wiegt 40 Pfund) die Veränderung der Anreibung der Hemmung im Stande ist, solche große Fehler zu bewirken, und daß die Veränderung der Anreibung nicht geringere bei ähnlichen Taschenuhren bewirkt: man kann daher um so mehr auf die Hemmungen der Pendeluhren und Taschenuhren überhaupt schließen 1) daß man vorzüglicher Weise, wenn es möglich ist, eine Hemmung anwenden müsse, deren Zug sehr geringe ist, und kein Oel bedarf, wo denn nunmehr die Anreibung bleibender sein wird; 2) daß um einen kleinen Zug zu bewirken, man so viel als möglich, die Länge der Aerme des Hakens vermindern müsse; 3) daß die Wirkung, welche das Rad durch das

*) Das. S. 307.

das Heben macht, die Größe der Bewegung des Regulators vermehrt; und unmittelbar darauf die nämliche Wirkung des Rades die Kraft der Bewegung schwächt; je größer also der Bogen durch das Heben wird, und je kleiner derjenige des Ersatzes, desto weniger werden die Anreibungen der Hemmung im Stande sein, den Jsochronismus der Vibrationen zu stören.

---

## VI.

## Verfahren, um sehr genau die Stunde der mittlern Zeit vermög: des Durchgangs der Sonne durch den Meridian zu nehmen *).

---

Man nehme eine Sekunden-Taschenuhr, und halte sie auf der Minute und Sekunde an, die die Aequationstafel für das Jahr und den Tag giebt; im Augenblicke des Durchgangs der Sonne durch den Meridian läßt man die Uhr gehen, wo man denn sehr genau die Stunde der mittlern Zeit für den gegebenen Tag haben wird; man regulirt sodann die Stunde der Pendeluhr nach derjenigen der Taschenuhr; und wiederholt man dies zu verschiedenen malen, so wird man finden, ob die Uhr zu früh oder zu langsam geht, wo man sie denn dem zufolge reguliren kann. Z. B. man habe den 6. Febr. 1762 die Stunde der mittlern Zeit genau haben, und sich derselben bedienen wollen, um zu gleicher Zeit den Gang der astronomischen Uhr darnach zu reguliren, so muß man in der dritten Aequationstafel (1 Th. des Uhrm.) die Stunde der mittlern Zeit suchen, wo man findet, daß wenn es nach der Sonne Mittag ist, die mittlere Zeit 12 Uhr 14 Min. 34 Sek. ist; man hält daher Vormittags die Taschenuhr mit Sekunden so an, daß sie genau 12 Uhr 14 Min. 34 Sek. weiset, und erwartet der Durchgang der Sonne durch den Meridian; in diesem Augenblicke läßt man die Taschenuhr gehen, wo man denn genau die Stunde der mittlern Zeit haben wird; man bedienet sich sodann der Taschenuhr und der von ihr bemerkten Zeit, um die Pendeluhr auf die nämliche Stunde, Minute und Sekunde zu stellen. Den folgenden Tag oder zwei Tage nachher thut man das nämliche, und nachdem man die Stunde nach der Sonne mit der Taschenuhr genommen, untersucht man zuerst die Differenz der Pendeluhr nach der Zeit der Taschenuhr, worauf man die Linse dem zufolge herabläßt, und die Zeiger der Uhr stellt: man berichtiget solchemnach zu wiederhohlten malen den Gang der Pendeluhr, bis daß sie vollkommen regulirt ist. Man

*) Das. S. 309. Dieser Abschnitt gehört zu näherer Berichtigung dessen, was bereits im I. Th. des Uhrm. S. 19 erwähnt worden.

Man sieht nach diesem Verfahren, daß zu gleicher Zeit als man den Gang der Pendeluhr berichtiget, man auch die Freiheit hat, die Linse zu stellen, und die Zeiger der Uhr zu richten, weil während dem die Taschenuhr fortgeht, welches nicht der Fall wäre, wenn man unmittelbar die Stunde der Sonne nach derjenigen der Uhr berichtigen wollte, weil während dem als man das Pendulum regulirt und die Weiser stellt, die Sonne weiter geht, und man den folgenden Tag wieder erwarten müßte, welches die Arbeit sehr ins Weite zöge.

---

## VII.

## Von einem Rostpendulum zu Korrektion der Wirkungen von Wärme und Kälte; von dem Verfahren, die Dimensionen durch Rechnung zu bestimmen, und diese Arten von Pendeln vermöge sicherer Versuche zu berichtigen *).

---

### 1. Einrichtung des Rostpendulum zu halben Sekunden.

Das Rostpendulum Taf. III. Fig. 1. (V. Th. des Uhrm.) ist so eingerichtet, daß es seinen Wirkungen vollkommen entspricht, und seine Dimensionen bewirken aufs vollkommenste die Kompensation der Wirkungen von Wärme und Kälte; allein dieses Pendulum erfordert auch die strengste Genauigkeit in der Bearbeitung, die von gemeinen Künstlern nicht zu erwarten steht.

Um diese Schwierigkeiten in seiner Bearbeitung zu vermeiden, rathe ich letztern vorzüglich das zusammengesetzte Pendulum aus Stäben, welches ungleich leichter ist, und wozu ich hier die Einrichtung und die Dimensionen geben will, deren ich mich zu verschiedenen Malen selbst bedient habe.

Die

*) De la mesure du tems par Mr. Berthoud S. 228.

Die Einrichtung der stählernen und messingenen Stäbe, welche die Kompensation machen sollen, muß bei einem Pendulum zu halben Sekunden die nämliche sein, wie bei einem Sekundenpendulum, indem beide blos in Rücksicht ihrer Dimensionen verschieden sind. Taf. II. Fig. 2 (V. Th. des Uhrm.) welche das Sekundenpendulum vorstellt, kann zu Führung der Bearbeitung eines Pendulum zu halben Sekunden gleich dienen: indessen müssen wir hier noch bemerken, daß bei dem Pendulum zu halben Sekunden man nicht leicht die Aufhängung mit der Feder anbringen kann, wie es bei dem Sekundenpendulum geschehen, weil die Länge der Feder zur Aufhängung es nöthig machen würde, die Linse noch mehr einzuschneiden, als es für das Pendulum zu halben Sekunden Taf. III. Fig. 1 (daselbst) erforderlich ist. Man muß daher die Aufhängung mit der Nuß anwenden, welche auch übrigens für kurze Pendeln noch vorzüglicher ist: und um noch leichter die erforderlichen Dimensionen für die Kompensation bei dem Roste mit Stäben anzuwenden, ohne die Linse zu sehr einzuschneiden, und solchemnach gehörig einzurichten, muß der Winkel der Nuß der Aufhängung bis in die Mitte des obern Queerstabes des Rostes herabgehen, d. i. in der Linie der Stifte a, a des Queerstabs A Taf. II. Fig. 2 (daselbst).

Bei dem Rostpendulum zu halben Sekunden Taf. III. Fig. 1. habe ich die Linse vermittelst ihres Mittelpunkts aufgehangen, welches große Vortheile hat, weil die Ausdehnungen des Messings, woraus diese Linse besteht, und diejenigen des Bleis, womit sie angefüllt ist, auf die Kompensation keine Veränderung bewirken können, allein diese Bauart, welche sehr viele Vorzüge hat, erfordert viel Arbeit, daß ich daher dieserwegen die Linse hier ganz einfach eingerichtet habe, wo sie wie gewöhnlich an einen viereckigen Ansatz geschoben wird, dessen unteres Ende eine Schraube für die Schraubenmutter hat, um die Uhr zu reguliren, wie man Taf. II. Fig. 2 sieht, welches Verfahren auch bei Uhren zu halben Sekunden hinreicht, von denen man die strengste Genauigkeit nicht fordert.

### Dimensionen des aus Stäben zusammengesetzten Pendulum zu halben Sekunden.

Die Länge der Stäbe Taf. II. Fig. 2 (daselbst) muß 8 Zoll sein, von der äußern Fläche des Queerstabs A bis zur äußern Fläche des Queerstabs B, welches den ersten Rost macht.

Die Breite der Queerstäbe A, B beträgt $2\frac{1}{2}$ Lin., jeder Queerstab C, D, E ist zwei Linien breit.

Der

Der Zwischenraum zwischen den Queerstäben A C, C E, D B beträgt ohngefähr $\frac{1}{3}$ einer Linie.

Die Breite des Rostes ausserhalb der stählernen Stäbe b, b ist 18 Linien.

Die Stärke der stählernen und messingenen Stäbe ist $1\frac{1}{2}$ Linien.

Der Durchmesser der Linse beträgt 4 Zoll, und ihre Stärke im Mittelpunkte 16 Lin.

Der Winkel der Pfanne muß in die Mitte des Queerstabs A herabfallen.

### Dimensionen des Rostpendulum zu halben Sekunden. Taf. III. Fig. 1. (V. Th. des Uhrm.)

Der äußere stählerne Rost a, b, c, d hat zur Länge von der äußern Fläche des Queerstabs a, b bis zur äußern Fläche des Queerstabs c, d 8 Zoll 3 Linien.

Der nämliche Rost innerhalb 7 Zoll $10\frac{1}{2}$ Linien.

Breite dieses ersten stählernen Rostes 18 Linien; er besteht aus 9 Stäben, jeder 2 Linien breit.

Der zweite stählerne Rost ist lang ausserhalb 7 Zoll 10 Linien.

Die Stärke des stählernen Rosts und der messingenen Stangen ist $1\frac{6}{12}$ Linien.

Breite des Queerstabs a b 3 Linien; der Queerstab unterhalb c d hat $2\frac{1}{2}$ Linien.

Die Entfernung von der untern Fläche der Gabel von Messing N N bis zum Mittelpunkte der Linse ist 10 Linien.

Die Entfernung des Winkels der Nuß bis zum Mittelpunkte der Linse ist 9 Zoll 3 Linien.

Der Durchmesser der Linse ist 4 Zoll, ihre Stärke 16 Linien.

### 2. Verfahren der Berechnung um die Dimensionen des Pendulum zur Kompensation der Wirkungen von Wärme und Kälte zu bestimmen.

Wenn man zum erstenmale ein zusammengesetztes Pendulum bearbeitet, dessen Vibrationen von einem andern bereits bestimmten Pendulum verschieden sind, so muß

 man

man vorher die Berechnung seiner Dimensionen nach den bereits angeführten Regeln machen, von denen ich dann auch für das Rostpendulum zu halben Sekunden (Taf. III. Fig. 1. V. Th. des Uhrm.) Gebrauch gemacht habe; indessen habe ich absichtlich die Länge des Rostes vermehrt, mehr als die Berechnung gab, um leichter zu einer genauen Kompensation zu gelangen, wenn ich nach Erfordern die Längen der innern Stangen verminderte: wir wollen hier nochmals durch Berechnung die Dimensionen des Pendulum berichtigen, um zu wissen, ob die Kompensation der Wärme und Kälte vollkommen dadurch geschieht.

## Von dem Maaße der verschiedenen Theile des Pendulum, welches berechnet werden soll.

Die Ausdehnung des äußern stählernen Rosts a, b, c, d (Taf. III. Fig. 1. V. Th. des Uhrm.) muß von dem Winkel der Nuß bis zur innern Fläche des untern Queerstabs c, d dieses Rosts gerechnet werden, worauf die messingenen Stäbe f, h ruhen: dieser Abstand ist hier 7 Zoll 11½ Lin. — — — — — — 95½ Lin.

Die Ausdehnung des zweiten stählernen Rosts wird gerechnet von der obern Fläche des untern Queerstabs n, o, worauf die messingenen Stäbe q, s ruhen, bis zum Punkte der Berührung des obern Endes dieses stählernen Rosts auf den Enden e, i der messingenen Stangen: dieser Abstand ist 7 Zoll 6 Linien — — — — — 90 Lin.

Die Länge der dritten stählernen Stange, deren Ausdehnung mit berechnet werden muß, wird vom Mittelpunkte der Linse bis zum Berührungspunkte dieser Stange auf das obere Ende der messingenen Stäbe p, r gemessen, worauf er ruht, und um dieses Maaß zu haben, muß man voraussetzen, daß der Mittelpunkt der Linse vom Winkel der Nuß 9 Zoll 4 Linien entfernt ist, welches ohngefähr die wahre Länge des zusammengesetzten Pendulum ist, wenn die Uhr regulirt worden; hiernach findet man, daß die Länge der dritten stählernen Stange t, x, y 8 Zoll 9 Lin. ist — — 105 Lin.

Die Summe dieser drei Größen oder der stählernen Stangen, ist also 290½ Lin.

Die messingenen Stäbe e f, g i betragen 7 Zoll 8 Lin. — — 92 Lin.

Die messingenen Stäbe p q, r s haben 7 Zoll 3 Lin. — — 87 Lin.

Summe der messingenen Stangen — — — — — 179 Lin.

Ich

Ich habe bereits gezeigt, daß für die Kompensation die Längen der stählernen Stangen zu den Längen der messingenen Stangen sein müssen, wie die Ausdehnung des Messings zur Ausdehnung des Stahls.

Man hat also das Verhältniß

$290\frac{1}{2}$ Lin. Stahl: 179 Lin. Messing = 121 Ausd. d. Mes.: 74 Ausd. d. Stahls

| | |
|---|---|
| 74 | 179 |
| 1160 | 1089 |
| 2030 | 847 |
| 37 | 121 |
| 21497 | 21659 |

Macht man wie oben das Produkt der äußern Glieder und der mittlern Glieder des Verhältnisses, so findet man daß 121, Ausdehnung des Messings multiplicirt durch 179, Länge der messingenen Stangen, ein größeres Produkt giebt als dasjenige von 74, Ausdehnung des Stahls multiplicirt durch die Längen $190\frac{1}{2}$ Lin. der stählernen Stange: dies ist ein Beweiß, daß die Kompensation zu stark ist, man muß also die zwei Stangen p q und r s von Messing verkürzen, und eben so auch die stählerne Stange t y gegen t. Wir wollen hier annehmen, daß man beide um zwei Linien verkürzt habe, und man erhält $288\frac{1}{2}$ Lin. für die Längen der stählernen Stangen, und 177 Lin. für die messingenen Stangen.

Man hat also das Verhältniß

$288\frac{1}{2} : 177 = 121 : 74.$

Multiplicirt man die Glieder, so erhält man zum Produkt des Stahls 21349, und zum Produkt des Messings 21417.

Dieses leztere ist noch zu groß, allein man wird finden, daß wenn man noch um eine Linie die messingenen Stangen vermindert, und um eben so viel die stählerne Stange, die Kompensation sehr nahe sein werde.

So kann man sich denn immer mehr nähern, und aufs genaueste die Dimensionen eines zusammengesezten Pendulum bestimmen, um die erforderliche Kompensation der Wirkungen von Wärme und Kälte zu erhalten, ohne sich an die Formel zu binden, die bereits im II. Th. des Uhrm. gegeben worden, die, ob sie schon unbedingt und kürzer



ist,

ist, doch Personen zu schwer sein dürfte, die in dieser Art von Berechnung nicht Fertigkeit genug besitzen.

### 3. Von dem Verfahren, Versuche mit einem zusammengesetzten Pendulum zu halben Sekunden anzustellen, um zu sehen, ob die Kompensation der Wärme und Kälte genau ist.

Die Dimensionen und die Berechnung, die ich hier gegeben habe, sind nach dem nämlichen Pendulum gemacht, was ich habe bearbeiten lassen, um es bei der daselbst beschriebenen astronomischen Uhr zu gebrauchen. Man sieht nach dieser Berechnung, daß die Kompensation der Wirkungen von Wärme vollkommen sein müsse, wenn man indessen annimmt, daß die Ausdehnungen des Messings und des Stahls, woraus dieses Pendulum besteht, die nämlichen sind, als diejenigen der stählernen und messingenen Stäbe, die zu den im II. Th. des Uhrm. angegebenen Versuchen gedient haben, und die das Verhältniß der Ausdehnung des Stahls zu derjenigen des Messings wie 74 zu 121 gegeben haben.

Um sich nun zu versichern, daß die Kompensation genau ist, ist es nothwendig, dieses neue Pendulum in ein Pyrometer auf die nämliche Art zu legen, als ich für das zusammengesetzte Pendulum zu Sekunden gethan habe. Indessen da ein Pyrometer ein Instrument ist, welches sich selten in den Händen der Küunstler befindet, und mit der größten Sorgfalt bearbeitet werden muß, besonders wenn es zu kurzen Pendeln dienen soll: denn bei einem Pendulum zu halben Sekunden erzeugt ein Unterschied von $\frac{1}{400}$ einer Linie einen Fehler von 1 Sekunde in 24 Stunden, d. i. viermal größer als bei einem Sekundenpendulum; so will ich hier ein Mittel vorschlagen, welches sehr einfach ist, um mit zusammengesetzten Pendeln zu halben Sekunden sowohl als mit noch kürzern Pendeln Versuche anzustellen.

Dieses Vorfahren, um zu wissen, ob das Pendulum genau die Korrektion der Wärme und Kälte bewirkt, ist eigentlich das nämliche, dessen ich mich bei meinen Seeuhren bediene; ich stelle nämlich die astronomische Uhr, so wie sie ganz beendiget worden, in eine Vorrichtung zur Erwärmung: und indem ich so die Uhr in verschiedenen Graden der Temperatur gehen lasse, so urtheile ich aus dem Gange verglichen mit der Zeit einer guten Sekundenpendeluhr, die in einerlei Wärme bleibt, wie groß der Unterschied ist, der vermöge Kälte und Wärme sich äußert.

Um

Um diese Versuche zu machen, muß die astronomische Uhr fest gegen eine Mauer stehen, und mit einem Gehäuse oder der Vorrichtung zur Erwärmung umgeben werden, welches blos die Uhr und ihr Pendulum enthält. In dieses Gehäuse führt man blecherne Röhren, deren untere Enden die Wärme von zwei Lampen auffangen, die ausserhalb dem Gehäuse stehen, damit der Rauch dieser Lampen nicht in die Vorrichtung dringen könne.

Um die von der Wärme oder Kälte auf das Pendulum bewirkten Veränderungen nicht mit den Veränderungen zu vermengen, welche auf das Oel und die Anreibung des Räderwerks bewirkt werden, muß man Sorge tragen, daß die Bögen, die das Pendulum beschreibt, in Wärme und Kälte von gleicher Größe sind, welches leicht dadurch zu erhalten ist, daß man dem Gewichte zusetzt oder davon wegnimmt.

Indem man Gebrauch von den Mitteln macht, die ich hier angegeben habe, wird man sicher das finden, was dem Pendulum mangelt, um bei verschiedenen Temperaturen die genaue Kompensation zu bewirken, der man dadurch nachhelfen kann, daß man die Länge der Stangen abändert.

Uebrigens ist es aber auch nicht nöthig, die Dimensionen des Pendulum abzuändern, wenn man sich eine Tafel entwirft, welche für verschiedene Grade der Temperatur die Differenzen angiebt, welche in dem Gange der Uhr Statt finden, wie ich mich dieses Mittels ebenfalls bei meinen Längenuhren bediene.

Damit endlich der Observator, welcher sich einer solchen Uhr bedient, eine noch strengere Genauigkeit erhalte, kann man eine Tafel für den Gang der Uhr entwerfen, wenn die Bögen sich vermindern, wie ich für Seeuhren angegeben habe.

Man sieht wohl, daß die Versuche wegen der Temperatur in Winter müssen angestellt werden; die Uhr, deren Gang untersucht werden soll, wird in einem Zimmer aufgestellt, abgesondert von der Sekundenpendeluhr, womit erstere verglichen wird, damit bei Oefnung der Fenster wegen der Kälte, die Sekundenpendeluhr keinen Unterschied an der Temperatur erleide.

Ich habe bereits das Verfahren angeführt, dessen man sich bedient, um astronomische Uhren zu reguliren, so wie ich zugleich eine Vorrichtung zur Erwärmung bei ähnlichen Versuchen für Längenuhren beschrieben habe, um diese Maschinen bei verschiedenen Temperaturen zu prüfen: eben dieser Mittel kann man sich auch bei astronomischen Uhren mit kurzen Pendeln bedienen.

---

## VIII.

## Pendulum des Herrn Graham *).

Dieses Pendulum besteht aus einer hohlen Röhre, welche er mit Quecksilber füllte, das sich oberwärts um soviel ausdehnte, als die Röhre unterwärts, und umgekehrt **). Man weiß, daß das Volumen des Quecksilbers vom Winter bis zum Sommer um $\frac{1}{220}$ sich verändert, solchemnach muß eine Quecksilber-Säule von 13 Zoll um $\frac{2}{3}$ einer Linie sich erheben, während daß die Linse kaum um $\frac{1}{4}$ einer Linie sinken kann, so daß also noch $\frac{5}{12}$ übrig bleiben, um welche der Mittelpunkt der Quecksilbersäule über denjenigen der Linse steigen würde. Ueberhaupt müßte man die Röhre sehr enge machen, weil sonst ein beständiges Erschüttern des Quecksilbers erfolgen würde.

## IX.

## Pendulum des Herrn le Paute ***).

Eine sehr einfache und bequeme Pendelstange ist nach Herrn le Paute, wenn man seitwärts an der eisernen Stange A B (Taf. II. Fig. 10) oder hinter ihr eine messingene Stange C D anbringt. Diese sei bei C gegen die erstere befestiget, und bei D von dem einen Arme des Hebels D F unterstützt, dessen andrer Arm die Linse F trägt, und um einen Stift G, welcher an der eisernen Stange A B G fest ist, beweglich sei. Auf diesen Arm wird nun, wenn die Stange A B sich ausdehnt, während daß die andre C D noch mehr ausgedehnt wird, (deren Verhältniß nach der Erfahrung wie 17 zu 10 ist) der Hebel gegen D getrieben, und der Theil C, welcher die Linse trägt, erhöht werden.

Da

*) Traité d'horlog. par Mr. le Paute, Chap. II.

**) Der Abt Baillard Dupinet schlug 1742 eine andre Flüssigkeit vor, deren Ausdehnung bekannt sei.

***) Ebendaselbst.

Da man nie genau die Ausdehnung der Stange C D im Verhältniß mit der Stange A B bestimmen kann, so habe ich daselbst eine Schraube H angebracht, wodurch man die Linse vom Mittelpunkte der Bewegung G entfernen, oder ihm nähern kann, damit der vom Punkte D durchlaufene Raum der bei I angebrachten Linse einen um so größern Raum zu durchlaufen habe, je entfernter sie vom Punkte G ist, um welchen sich der Hebel D E dreht.

Ueberdies habe ich zugleich eine Art von Thermometer angebracht, welches die Grade der Korrektion für die Länge der Stange C D anzeigt; denn so oft als der Punkt D herabsinkt, so wird das Ende des Hebels K steigen, und den andern Arm L sinken machen, folglich den Zeiger B M gegen N des Bogens O N, der an der Stange fest ist, führen; wenn hingegen der Punkt D bei Verkürzung der Metalle zu steigen anfängt, so wird der Zeiger B M vermittelst der Feder R sich gegen O an dem nämlichen Bogen wenden.

Diese Einrichtung hat den Vortheil, daß man statt 3 nur 2 Stäbe nöthig hat; übrigens kann man den einen an die Seite des andern legen, daß also in Rücksicht der Luft kein größerer Widerstand entsteht, als bei einer einfachen Stange.

## X.

## Beschreibung eines einfachen Mittels zur Kompensation eines Pendulum von Herrn Berthoud.

A B (Fig. 13. Taf. 1.) ist die Stange des Pendulum, dessen Ende A durch zween Stifte an eine Gabel D an dem Queerstücke a b der Aufhängung mit der Feder a b c d befestiget ist; das untere Ende B der Stange endigt sich in eine Schraube, auf deren Schraubenmutter die Linse C C ruht. Die obern Enden e, f der Aufhängungsfedern e g f h sind an das Querstück c d befestiget: diese Federn gehen gedrang in eine Spalte E des Stegs E F, welcher an die messingene Platte G H befestigt ist.

Das Querstück c d der Federn der Aufhängung trägt in der Mitte seiner Länge den Stift i, welcher sich vermittelst der beiden Enden auf das Ende I des stählernen

Hebels I K L stützt, welcher bei K beweglich ist. Das Ende I dieses Hebels ist wie eine Gabel, um den Quertheil c d der Aufhängung zu umfassen. Der Theil des Mittelpunkts K geht in den Spalt des Absatzes M an dem Stege E F: der Stift K geht quer durch den gespaltenen Absatz M und den Hebel, welcher auch den Mittelpunkt dieses Hebels macht. Das Ende L des Hebels geht in die Spalte der stählernen Stange N O, deren Ende N einen Stift hat, worauf sich der Arm L des Hebels I K L stützt. Das untere Ende O der Stange N O ist durch einen Stift 1 auf dem Querstücke P P des Kompensationsrostes befestiget, und das obere Ende geht frei in einem Loche an dem Querstücke Q Q eben dieses Kompensationsrostes. Die messingenen Stäbe R S, R S sind durch die Stifte 2, 3 unterhalb des Querstücks P P, und an ihren obern Enden an das Querstück Q Q durch die Stifte 4, 5 befestiget.

Wenn daher die Wärme die Stange A B ausdehnt, so dehnt sie auch die Stäbe N O, R S, R S des Kompensationsrostes aus, allein das Messing hat mehr Ausdehnung wie Stahl in dem Verhältnisse wie 121 zu 74. Das Querstück P P entfernt sich von demjenigen Q Q, so daß der Punkt L des Hebels I K L herabsinkt, während daß der Punkt I steigt, und solchergestalt das Pendulum verkürzt wird, wo der Punkt i hier genau um soviel steigt, als die Wärme das Pendulum ausdehnt. Wäre indessen die Kompensation nicht genau, so kann man den Punkt genau treffen, indem man den Rost vom Mittelpunkte der Bewegung k des Kompensationshebels entfernt oder ihm nähert, aus welcher Ursache die Einschnitte 6, 7 in dem Querstücke Q Q des Rosts gemacht sind; dieses Querstück ist vermittelst der Schrauben 6, 7 an die Stange E T des Stegs der Aufhängung E T F befestiget.

## XI.

## Beschreibung einer Pendeluhr mit der Mondsbewegung und Monatstage von J. G. Geißler.

Da die gewöhnliche Art, die Mondbewegung an einer Uhr anzubringen, so großen Fehlern ausgesetzt ist, daß sie in kurzer Zeit sehr merklich wird, so liefere ich hier den Mechanismus eines Vorlegewerks aus dem Stundenrade für diese Bewegung, die nur um 57 Sekunden länger dauert, als die eigentliche mittlere Mondsrevolution erfordert.

Die

Die Beschreibung der Uhr selbst übergehe ich, da sie von einer gewöhnlichen Tischuhr in nichts unterschieden ist. Das Pendulum macht 3 Vibrationen in einer Sekunde.

a (Taf. II. Fig. 11.) ist das Trieb an der Minutenröhre von 8 Stäben und greift in das Rad A von 30 Zähnen, welches ein Trieb b von 10 Stäben trägt, das in das Stundenrad B von 30 Zähnen greift. C ist ein Wechselrad von eben soviel Zähnen, und folglich ebenfalls in 12 Stunden einen Umgang macht. An diesem Rade ist das Trieb c von 8 Stäben befestiget, welches in das Rad D von 54 Zähnen greift, und ein Trieb d von 8 Stäben trägt, welches in das Mondenrad E von 70 Zähnen greift, und innerhalb 29 Tagen, 12 Stunden, 45 Minuten einen Umgang vollendet. Da ich aber die Mondkugel oberwärts dem Uhrgehäuse haben wollte, so greift das ähnliche Rad F von eben so viel Zähnen winkelrecht in ersteres, und trägt die lange Welle G, an welche der Mond H gedrang, doch so, daß er bei gegebenem Falle gewendet werden kann, angesteckt ist.

Ich liefere hier noch die Berechnung in einigen andern Zahlen für ein Vorlegewerk zur Mondsbewegung aus dem Stundenrade, die alle einerlei Zeitraum von 29 Tagen, 12 Stunden 45 Minuten halten.

6 : 35 = 8 : 81
6 : 45 = 8 : 63
8 : 42 = 8 : 90
8 : 45 = 8 : 84
8 : 63 = 10 : 75
8 : 63 = 12 : 90
8 : 70 = 12 : 81

Wird daher eins von diesen Räderwerken an eine Uhr so angebracht, daß das erste Trieb an das Stundenrad konzentrisch befestiget wird, und in das erste Rad greift, das andere Trieb aber an das erste Rad wiederum konzentrisch befestiget wird, und in das zweite Rad greift, so kommt das andre Rad in 29 Tagen 12 Stunden 45 Minuten einmal herum, welche Bewegung nur um 57 Sekunden länger dauert, als für eine mittlere Mondsrevolution erfordert wird.

8 : 74 = 13 : 83

giebt ein Räderwerk, welches in 29 Tagen 12 Stunden 41$\frac{7}{13}$ Minuten herumkommt, und also etwas mehr als um 2 Minuten kürzer als eine mittlere Mondsrevolution ist *).

Das Stundenrad B trägt noch ein Trieb e von 15 Stäben, welches in das Rad I von 30 Zähnen greift, und also innerhalb 24 Stunden einen Umgang macht. Dieses Rad I trägt einen Stift f, welcher in das Rad K von 31 Zähnen greift, welche die Gestalt der Zähne eines Steigerades haben. Vermittelst des Stifts f springt also das Rad K alle Tage um einen Zahn weiter vor. Der Einfall L wird vermittelst der Feder M an das Monatsrad K stets so angedrückt, daß es nach dem Sprunge unverrückt stehen bleibt. An die Röhre dieses Monatsrades wird der Zeiger für die Monatstage angesteckt, welcher also mit den Stunden- und Minutenzeigern konzentrisch ist, und die Tage des Monats am Zifferblatte anzeigt.

---

## XII.

## Instrument, große und kleine runde Platten zu Uhrrädern auszuschneiden.

---

Zwar lassen sich an jeder Drehbank, und vorzüglich geschwind auf einer großen Drehbank mit dem Rade runde messingene Platten zu Uhren ausdrehen, anstatt sie auf die gewöhnliche Art aus einem Stück Messing mit dem Meissel abzuhauen und nachher auf der Drehbank rund zu drehen; ich hoffe aber doch daß nachstehende Maschine, wie dieselbe ehedem Herr Prasse erfand, und zu seinem Gebrauch verfertigte, verschiedenen Liebhabern und Künstlern, welche, so wie er ehedem, keine große Drehbank besitzen, nicht unangenehm sein dürfte.

A B C D (Taf. II. Fig. 12) ist ein starker Rahmen von Messing aus einem einzigen Stücke gegossen. An der einen Ecke bei A geht noch ein eben so starker Arm oberwärts heraus, welcher eingeschnitten ist, so daß die Druckstange E darein gelegt werden kann, welche um den Stift a darin wie in einem Gewinde geht; hat man den Bewegungs-

*) Die Berechnungen dieser Mondsumläufe aus dem Stundenrade sind von Herrn Past. Mirus in Bergdorf bei Zittau.

gungspunkt der Druckstange höher nöthig, so kann man in diesen Arm höher hinauf noch mehrere Löcher wie b bohren, und daselbst die Druckstange einhängen. Quer über diesen Rahmen geht die Platte F, welche zu beiden Seiten eingelassen vermittelst Stifte c, c höher oder niedriger gestellt werden kann. Diese Platte hat eine Röhre G, durch welche so wie durch den obern Quertheil des Rahmen die Welle H H H frei herab- und heraufgeht. Oberhalb hat diese Welle einen hervorstehenden Ring, auf welchen die Druckstange E aufzusitzen kommt. Der Theil der Welle über diesem Ringe geht durch eine Oefnung in der Druckstange E E, und hat eine Kurbel I zu Umdrehung der Welle. Unten hat diese Welle eine Röhre, worein der Zahn K gesteckt und vermittelst der Schraube e darin befestiget wird.

Auf dem untern Querriegel C D des Rahmen liegt die Platte L L, welche unterwärts durch die Schrauben f f befestiget ist. Auf dieser Platte lassen sich die Schieber g, g hin- und herschieben, welche wie M unterwärts gebogen sind, so daß sie die Platte L L umfassen können. Zwischen diese Schieber wird das Stück Messing, woraus man einen Kreis schneiden will, gelegt, welches denn dazwischen durch Anziehung der Lappenschrauben N N zur Seite des Rahmen befestiget wird. Fig 12 zeigt diese Vorrichtung im Profil, Fig. 13 im Grundriß.

Man sieht also, wie vermittelst des Umdrehens der Welle H H H durch die Kurbel I, und solchergestalt der Kreisbewegung des Zahns, deren man je nach der Größe der auszuschneidenden Zirkelplatte verschiedene vorräthig haben muß, und des Drucks des Zahns auf das untergelegte Messing vermittelst der Druckstange E eine vollkommne Zirkelplatte in kurzer Zeit ohne viele Beschwerde ausgeschnitten wird.

---

## XIII.

## Beschreibung eines neuen Pendulum; von George Fordice M. D. F. R. S.

---

AB und C D Fig. 1. Taf. III. mögen zwei feste Stangen von einerlei Materie, und von einer einfachen oder gleichförmigen Textur sein. Man mache diese zwei Stangen

genau von gleicher Länge, und oberhalb verbinde man sie mit einer Stange B C, welche vollkommen unbiegsam ist, so daß die Winkel A B C und D C B beide rechte sind, und A B und D C parallel gegen einander liegen, und in einerlei Fläche sich befinden; die Stange A B sei an dem Punkte A befestiget, und senkrecht gegen den Horizont: so wird folglich die Stange C D gleichfalls senkrecht dagegen sein, die Krümmung der Erde zwischen B und C ausgenommen, welche auf ein oder zwei Fuß als Nichts angesehen werden kann: die Stange C D sei frei an dem Ende D, so daß sie steigen oder fallen kann; in diesem Falle wird dann, wenn Wärme gleichmäßig an die beiden Stangen angebracht wird, so daß sie sich beide ausdehnen und verlängern, die Stange A B die Stange B C und solchemnach auch die Stange D C heben; allein da die Stange D C gleichmäßig von der Wärme wie die Stange B A verlängert wird, so wird der Punkt D vermöge der Verlängerung der Stange D C so viel unterhalb gebracht, als der Punkt C vermöge der Verlängerung der Stange A B durch die Wärme gehoben wird. Folglich wird die Stange D C ihr Ende D in einer Linie haben, welche gegen den Horizont genau parallel ist, und das Ende der Stange A B bei A schneiden, wie es der Fall war, ehe noch eine Wärme Statt fand: eben dies ist der Fall, wenn die Stangen A B, D C vermöge angewandter Kälte verkürzt werden; so daß in allen Fällen von Wärme und Kälte das Ende der Stange C D bei D, und das Ende der Stange B A bei A in einer Linie parallel mit dem Horizonte sein wird.

Man nehme einen Punkt E an irgend einem Theile der Stange C D, und verbinde diesen Punkt E mit dem fest stehenden Punkte A, der Stange A B, durch eine vollkommen unbiegsame Materie, so daß vermöge angewandter Wärme keine Veränderung Statt finden könne, so wird der Theil der Stange C D, der bei dem Punkte E unterbrochen ist, und den Theil ED ausmacht, stets von einerlei Länge sein, es sei die Temperatur der Wärme größer oder geringer. Denn nimmt man einen Punkt F an der Stange A B an, und von einerlei senkrechten Höhe mit E, so daß eine Linie von E bis F gezogen mit dem Horizonte parallel ist; so wird, wenn der Theil der Stange A B gegen F übersteigt, wenn er von der Wärme über F ausgedehnt wird, der Punkt der Stange D C, welcher E gegenüber war, zu einer gleichen Höhe mit sich selbst gehoben werden, und daher von der Länge dieses Theils der Stange, welcher vorher F gegenüber war, eine Länge abgeschnitten werden, welche derjenigen gleich ist, die vermöge der Wärme derjenigen zugesetzt ward, als vorher E D war. Der Punkt also E gegenüber an der Stange D C wird E D bilden, welche stets von einerlei Länge bleiben wird, wenn die Wärme vermehrt wird; auf gleiche Art wird sie auch von der nämlichen Länge bleiben, wenn der Theil der Stange A B, A F vermöge Kälte verkürzt wird; der Theil der Stange also D C, welcher vermittelst des Punkts E abgeschnitten wird, und solchemnach

E D

E D ausmacht, wird jederzeit von einer gleichen Länge sein, so wie der Punkt D jederzeit von einerlei Höhe.

An dem Punkte E befinde sich eine Vorrichtung, welche denjenigen Theil der Stange D C ausmache, der dem Punkte E gegenüber, und biegsam ist, welcher Theil derselben auch dem Punkte E gegenüber liege. Der Theil der Stange D C, welcher an dem Punkte E abgeschnitten ist, und D E ausmacht, wird denn nun ein Pendulum werden, welches solchemnach jederzeit von gleicher Länge sein wird, wie auch der Grad der Wärme beschaffen sei.

Es bestehe die Stange A B und die Stange C D aus verschiedener Art von Materie, so daß die Stange A B mehr verlängert werde, wenn sie einerlei Grade von Wärme ausgesetzt wird, als die Stange D C; sind sie beide nun von einerlei Länge, so wird die Wärme das Ende der Stange C D bis D höher heben, als den festen Punkt A; wird hingegen ein Theil von A B bei G abgeschnitten, so daß die ganze Ausdehnung des übrigen Theils G B gleich ist der ganzen Ausdehnung der ganzen Stange D C, und zwar bei jeder Vermehrung der Wärme, so wird einerlei geschehen; und der Theil der Stange D C, welcher von der Vorrichtung bei E abgeschnitten worden, wird stets von einerlei Länge bleiben. Ist man nun Willens, D E jederzeit gleich in der Länge zu machen, so muß der feste Punkt A näher gegen B gebracht werden, so daß die Stange A B bei G verkürzt werde, und folglich die ganze Ausdehnung von G B vermöge der Wärme gleich sei der ganzen Ausdehnung von D C vermöge des nämlichen Grades der Wärme.

Bis jetzt habe ich angenommen, daß die Substanz, welche die Punkte A und E verband, keineswegs von der Wärme ausgedehnt oder verkürzt würde: allein eine solche Substanz ist nirgends zu finden.

Es möge daher nun die Substanz, welche die Punkte A und E mit einander verbindet, vermöge der Wärme ausgedehnt werden. Hätte sie eine Ausdehnung gleich der Materie, woraus die Stangen A B und C D bestehen, so sieht man leicht ein, daß kein Vortheil erhalten wird, um den Theil der Stange C D gegenüber dem Punkte E herabwärts gegen D jederzeit gleich zu machen. Allein es ist deutlich, daß die Ausdehnung von A E, den Punkt A als fest angenommen, den Punkt E höher gegen C führen werde, wenn die Wärme größer ist, so daß E D auf diese Art werde länger gemacht werden; und die Zusammenziehung von A E, wenn sie einem größern Grade von Kälte ausgesetzt wird, werde den Punkt E herabbringen, um E D kürzer zu machen, genau um so viel, als die Ausdehnung von A B die Stange E D heben wird, oder als ihre Zusammenziehung sie erniedriget. Allein wären die Materialien, welche die

Punkte

Punkte A und E verbinden, durch Wärme und Kälte weniger ausdehnbar oder weniger zusammenziehend, als die Materie zu den Stangen A B und C D, so würde alsdenn nach der ganzen Ausdehnung, obschon der Punkt E höher gegen C gehoben würde, er doch nicht so hoch gehoben werden, als die Ausdehnung von A B den Punkt C heben würde, so wie folglich die ganze Stange C D. Der nämliche Fall findet Statt, wenn sie sich zusammenziehen, nur in der entgegengesetzten Richtung. Der Punkt E würde nämlich nicht so weit gegen D herabfallen, als der Punkt C gegen D herabfallen würde, und mit dem zugleich die Stange C D; auf diese Art, obschon der Theil E D nicht jederzeit gleich sein würde, wird doch diese Gleichheit weit mehr Statt finden, als wenn der Punkt C fest wäre, und die Zusammenziehung oder Ausdehnung der Stange A B nicht darauf wirkte.

Wäre nun der Theil der Stange C D gegenüber dem Punkte E bis D ein Pendulum, so würde es nicht stets von einerlei Länge sein, allein die Näherung würde jedoch größer sein, als bei einem einfachen Pendulum, was aus einerlei Materialien besteht, woraus die Stange C D zusammengesetzt ist; und es würde beinahe von einerlei Länge sein, als ob das Pendulum aus den Materialien gemacht worden wäre, welche A und E verbinden.

Um nun E D jederzeit von gleicher Länge zu erhalten, ist die Anwendung eines andern Grundsatzes erforderlich. Es bestehe also B A und C D aus einerlei Materialien; und die Materie, welche A und E verbindet, bestehe aus einer Substanz, welche sich vermöge der Wärme weniger ausdehnt, und durch Kälte eben so gleichfalls weniger zusammenzieht, als die Materialien, woraus A B und C D bestehen; wird nun die Stange A B herab bis H gebracht, und der feste Punkt sei bei H, so wie gleichfalls die Punkte H E mit einander vermöge einerlei Materialien verbunden werden, welche vorher die Punkte A E an der Stange E H verbanden, so nehme man einen Punkt K, gleich in der Höhe mit den Punkten A D, und in der Linie A D, welche mit dem Horizonte parallel ist, wie es bereits in der Bauart genommen worden; die Stange A H wird sich nun ausdehnen, so wie sie erwärmt wird, welches in senkrechter Höhe geschieht, und mehr beträgt als die Stange H K, so daß daher die Ausdehnung von A H den Punkt B, und so folglich den Punkt C höher führen wird, als die Ausdehnung der Stange H K, den Punkt E führen kann; allein wenn die Ausdehnung der Stange A H so groß ist, als die Ausdehnung der ganzen Stange H E, so wird der Punkt C um so viel höher geführt als der Punkt E, da der Punkt E höher geführt wird, als er es war, ehe Wärme angewendet wurde, und daher wird der Punkt E in einer so großen Entfernung von dem Punkte C sein, als er gewesen sein würde, wenn die Materialien,

rialien, welche A E verbinden, nicht im Stande gewesen wären, vermöge Wärme eine Aenderung zu erleiden; daher wird denn, wenn E D ein Pendulum ist, es von gleicher Länge gemacht werden. Wenn nun die Stangen A B und C D von einerlei Materialien sind, und die Substanz, welche A und E verbindet, ist im Stande, sich vermöge der Wärme weniger auszudehnen und zu verkürzen, als die Materie der Stangen A B und C D, so können wir alsdenn, wenn wir der Stange A B einen Theil A H unter den bereits angegebenen Umständen zusetzen, und den festen Punkt bei H machen, ein Pendulum erhalten, welches jederzeit von gleicher Länge ist; oder wenn die Materialien, woraus die Stange A B besteht, im Stande ist, vermöge der Wärme so viel ausgedehnt zu werden, als die Materialien, woraus C D besteht, nebst der Ausdehnung der Materialien, welche A und E verbinden, so wird in diesem Falle gleichfalls der Punkt C um soviel höher gebracht werden, als der Punkt E, und es der Fall wäre, wenn sie von der Wärme ausgedehnt würden, als ob die Materialien, welche A und E verbinden, von der Wärme gar nicht eine Veränderung erlitten hätten. Oder endlich, wenn wir eine Stange G B nehmen, die aus Materialien besteht, welche sich ungleich mehr ausdehnen, als die Ausdehnung der Materie der Stange C D, und die verbindende Materie der Stange E G vermittelst Wärme, so wird gleichfalls auf der Stange G B, die sich ausdehnt, sie den Punkt B führen, und folglich den Punkt C, höher als den Punkt E, wie es der Fall gewesen wäre, wenn die Materialien, welche E und G verbinden, nicht im Stande gewesen wären, von der Wärme ausgedehnt zu werden, daher denn E D jederzeit von einerlei Länge bleiben wird. Das nämliche findet in allen Fällen Statt, wo eine Zusammenziehung von Kälte sich ereignet.

Wendet man daher zur Stange G B Materialien an, welche sich beträchtlich mehr verkürzen, als diejenigen, woraus die Stange C D besteht, so muß der feste Punkt G in einer Entfernung von B nach dem umgekehrten Verhältnisse zu der untern ausdehnenden Kraft der Materialien genommen werden, woraus die Stange C D besteht, und in dem direkten Verhältnisse der ausdehnenden Kraft der Materialien, welche E und G mit einander verbinden. Nimmt man also an, daß das umgekehrte Verhältniß der untern ausdehnenden Kraft von C D genommen worden, so wird er bei G sein; allein um der ausdehnenden Kraft der Materialien G E entgegen zu wirken, muß er etwas niedriger bei I kommen.

Wenn nun das Verhältniß der Ausdehnung der Materialien der Stange A B oder G B, die Stange C D und die Materialien, welche A E oder G E verbanden, bekannt sind, desgleichen die Länge eines Pendulum, welches irgend einen bestimmten Zeitraum vibrirt, so kann in diesem Falle die Entfernung und die senkrechte Höhe zwi-

schen GE und IE auf einmal genommen werden, so wie denn ein Pendulum stets gemacht werden kann, welches immerfort von einerlei Länge bleibt, und solchemnach gleiche Bögen in gleichen Zeiträumen vibrirt. Allein da diese nicht vollkommen bekannt sind, und es ausserordentlich schwer hält, auch vielleicht selbst unmöglich ist, die Länge aufs vollkommenste abzumessen, so wird es aus diesem Grunde immer erforderlich sein, daß man die Entfernungen und die senkrechte Höhe zwischen I und E, A und E oder H und E verändern könne, um solchergestalt aus Versuchen zu finden, ob diese festen Punkte I, A oder H gehörig genommen worden sind. Denn wenn beim Baue eines Pendulum nach diesen Grundsätzen entweder die festen Punkte, zufolge der Umstände, I, A oder H zu hoch oder zu tief gesetzt werden, so wird aldenn das Pendulum in seiner Länge veränderlich sein, und folglich bei verschiedenen Graden von Wärme verschiedene Zeiträume vibriren.

Wir wollen den Fall annehmen, daß die Stange B G von Materialien gemacht worden, die sich mehr als C D verlängern, so wird, wenn anstatt I zum festen Punkte zu nehmen, er bei G näher gegen B genommen wird, alsdenn der Punkt C nicht hinreichend über den Punkt E gehoben werden, und das Pendulum wird bei Wärme länger werden, und in einer gegebenen Zeit weniger Vibrationen machen. Allein wird in diesem Falle der feste Punkt tiefer als I bis zum Punkte L gebracht, so wird der Punkt C höher gehoben werden, wenn alles vermöge der Wärme von dem Punkte E ausgedehnt wird, E D wird kürzer werden, mehrere Vibrationen werden in einer gegebenen Zeit geschehen, und umgekehrt. Wenn nun daher die Vorrichtung so eingerichtet wird, daß der feste Punkt I verändert werden kann, wenn er nach dem Versuche zu hoch oder zu tief gefunden wird, so werden wir dadurch in Stand gesetzt, den wahren Punkt zu finden, und die ganze Einrichtung dem zufolge zu machen. Wenn also die Wärme macht, daß ein Pendulum wenigere Vibrationen vollendet, so ist der feste Punkt zu hoch; geschehen hingegen zu viele Vibrationen, so ist alsdenn der feste Punkt zu tief.

Ich will nunmehr zeigen, wie diese Grundsätze beim Baue selbst angewendet werden können.

Da es bei der Ausführung bequemer ist, den festen Punkt höher als A zu heben, welcher in der Höhe gleich ist D dem Ende des Pendulum, so muß man zur Stange A B eine Materie wählen, welche sich vermittelst Wärme und Kälte mehr ausdehnt und zusammenzieht, als die Materie, woraus die Stange C D besteht, so daß der feste Punkt bei G kommt, wenn die Materialien, welche A und E verbinden, nicht im Stande sind, vermittelst Wärme oder Kälte ausgedehnt oder zusammengezogen zu werden: allein wird ihre Ausdehnung und Zusammenziehung dagegen ersetzt, so wird der feste Punkt bei I sein, wie ich bereits gezeigt habe.

Wenn

Wenn die Verlängerung und Verkürzung der Stange I B durch Wärme und Kälte nach Verhältniß der Ausdehnung und Zusammenziehung von C D bekannt ist, und die Ausdehnung und Zusammenziehung in senkrechter Höhe von I E, so muß alsdenn die Länge I B zur Länge D C sein, wie die Zusammenziehung der Materialien von C D ist zur Zusammenziehung der Materialien, woraus I B besteht, zusammen nebst der Zusammenziehung in senkrechter Höhe der Materialien, woraus I E besteht. Diese Längen könnten in diesem Falle auf einmal genommen werden; allein es ist bequemer, daß man sie durch Versuche selbst bestimme, nachdem man sie so genau als möglich genommen hat.

Um nun also ein Mittel zu haben, den Punkt I höher oder tiefer nach Verhältniß von E D zu heben, dessen Enden jederzeit in gleicher Entfernung von einander sein müssen, zeigt Fig. 2 das Verfahren den Punkt I nach Verhältniß in der Höhe zu E verändern. Der Rahmen A A A A ist an einer Materie befestiget, welche die Punkte I und E durch irgend ein Mittel verbindet. In der Uhr, die ich gebauet habe, ist die Materie, welche I und E verbindet, Holz, wie ich fernerhin beschreiben werde. Der Rahmen ist von Messing; er ist an das Holz vermittelst der Schrauben B B und zwei andern gegenüber befestiget, welche in der Verzeichnung nicht angegeben werden können. Sie sind so befestiget, daß der Punkt beinahe in der Mitte zwischen der obern Schraube B und der untern Schraube B sich befindet, und so daß der Theil des Rahmen D D D D hinterwärts vorsteht, und den Theil des Rahmen E E E E hinter dem Rahmen, welcher die Verbindung zwischen I und E macht, führt, um solchergestalt damit parallel zu sein. Man sieht in diesem Rahmen am obern Theile in der Zeichnung eine Vertiefung als Schwalbenschwanz, worin zu beiden Seiten ein andrer Rahmen G G G G auf die nämliche Art sich schieben läßt, als in demjenigen Theile eines Durchgangs-Instruments, welcher das eine Ende der Welle höher oder tiefer stellt. Dieser zweite Rahmen wird vermittelst der Schraube H H höher oder tiefer gebracht. Die Stange I B Fig. 1 ist eine messingene Röhre, unter I I vorgestellt. In dem Rahmen G G G G ist eine halbzylindrische Vertiefung von dem nämlichen Durchmesser wie die messingene Röhre; über diesen Rahmen ist ein Theil angebracht, welcher gleichfalls eine halbzirkelförmige Vertiefung macht, und nebst der andern Vertiefung einen ganzen Zylinder bildet, der im Durchmesser der Röhre I I gleich ist. Dieser Theil ist mit dem Rahmen G G G G vermittelst der Schrauben L L verbunden; werden diese dicht angezogen, so wird die Röhre I I von dem Theile K K, und der halbzylindrischen Vertiefung in dem Rahmen G vollkommen umfaßt, so daß die Schraube H H nicht wirken kann, wenn die Röhre I I befestiget ist, allein wenn die Schrauben L L losgelassen werden, so geben sie dem Rahmen G G G G völlige Freiheit, daß er von der Schraube H H erhöht oder erniedriget

driget werden kann. Wenn nun I I die Stange I B Fig. 1. vorstellt, so wird, wenn der Mittelpunkt der Schrauben L L in einer horizontalen Linie ist, diese Linie den Punkt I in einer horizontalen Richtung schneiden. Die Mittelpunkte dieser Schrauben können daher wie der Punkt I in senkrechter Höhe angesehen werden; daher wenn der Punkt B Fig. 1. ein fester Punkt wird, so kann der Punkt I erniedriget oder erhöhet werden, wenn man die Mittelpunkte der Schrauben L L durch die Schrauben H H erhöht oder erniedriget.

Will man nun also vermöge dieser Vorrichtung den Punkt I Fig. 1. erhöhen oder erniedrigen, so ist es während der Zeit als man dessen Höhe vermittelst der Schraube H H verändert, erforderlich, daß B, Fig. 1. ein fester Punkt werde, und daß in allen andern Zeiträumen er ein Theil werde, der vollkommne Freiheit oberhalb und unterhalb habe.

Um den Punkt B Fig. 1. zu befestigen, stellt A A A A Fig. 1. Taf. IV. den Rahmen der Uhr vor, B B ist ein andrer Rahmen, der an diesen Rahmen befestiget ist, und hinterwärts bis zu einer solchen Entfernung vorragt, um eine Röhre, die daran befestiget ist, C C so weit hinterwärts, und in einer solchen Richtung zu tragen, daß sie genau an dessen innern Seite mit dem Zylinder zusammentrift, welcher von der halbzirkelförmigen Vertiefung in dem Rahmen G G Fig. 2 und dem zylindrischen Theile des Theils K K gebildet wird, so daß, wenn sie fortgeführt würden, sie einerlei Zylinder machten, wenn die Schrauben L L Fig. 2 angezogen werden. Diese Röhre ist so gemacht, daß die Röhre I I genau einpaßt, so wie die äußere messingene Röhre eines Teleskops in die innere eingepaßt ist. Diese Röhre C C ist an der einen Seite aufgespalten, und hat einen solchen Grad von Elasticität, daß sie sich öfnet, wenn sie sich selbst an dem Spalte überlassen ist, um die Röhre I I frei durchzulassen. An den nämlichen Rahmen B ist ein Theil D, welcher aus zwei halben Zylindern besteht, welche mit einander verbunden werden, wenn einer an den Theil B bei E, der andre an den Rahmen B bei E an der andern Seite geschraubt wird. Sie werden auch durch einen Theil F verbunden, wo sie vermittelst der Schraube G an einander gebracht oder getrennt werden können. Wird nun die Schraube G losgelassen, so werden alsdenn die zwei halben Zylinder sich von einander trennen, und die Röhre C C wird sich vermöge ihrer Elasticität öfnen, so daß die Röhre I I völlige Freiheit erhält, sich ober- und unterhalb zu verlängern. Allein wenn die Schraube G angezogen wird, so werden die zwei Seiten des Theils F die Röhre C umfassen, und sie auf die Röhre I schließen, so daß sie bei diesem Punkte Festigkeit erhält. Diese Vorrichtung kann irgendwo zwischen B und I Fig. 1. angebracht werden. An der Uhr, die ich gebauet habe ist er am Punkte F, E gegenüber Fig. 1. angebracht.

Wird

Wird nun der Punkt I zu hoch gesetzt, so wird man finden, daß die Uhr zu langsam geht, wenn die Wärme größer wird, und zu geschwind, wenn sie sich vermindert. Findet man, daß dies der Fall ist, so muß alsdenn die Schraube G Fig. 1. Taf. IV. angezogen werden, die Schrauben L L Fig. 2. werden nachgelassen, und der Rahmen G G G G muß vermittelst der Schraube H herabgeschraubt werden, welcher mit sich den Theil K K führt, und mithin die Mittelpunkte der Schrauben L L, welche den Punkt I Fig. 1 Taf. III. in senkrechter Höhe machen. Die Schrauben L L Fig. 2. müssen alsdenn angezogen werden, die Schraube G Fig. 1 Taf. IV. wird losgelassen, daß sie von der Röhre I I abkommt, welches in beiden Figuren einerlei ist, vollkommen frei, und ohne daß irgend ein Theil der Vorrichtung anstößt, ausgenommen der feste Punkt bei dem Punkte I. Das nämliche geschieht blos umgekehrt, wenn man findet, daß die Uhr bei einem größern Grade von Wärme zu langsam, und bei einem größern Grade von Kälte zu geschwind geht.

An der Uhr, welche ich gebauet habe, ist die Stange B C Fig. 1. als unbiegsam zu betrachten. Wäre sie biegsam, so würde ein Gewicht an C angehangen, verursachen, daß es tiefer fiele, und folglich die Stange C D niedriger, und einen größern Theil davon unter den Punkt E brächte; folglich würde das Pendulum verlängert werden. Es ist daher erforderlich, daß diese Stange so unbiegsam als möglich gemacht werde; wegen dieser Ursache besteht sie auch aus einer starken messingenen Stange H K Fig. 1. Taf. IV. welche vermöge einer messingenen Stange L K, welche von dem aufrechten Theile H L unterstützt wird, noch mehr Festigkeit und Stärke erhält.

Wird ein Gewicht bei K angehangen, so würde dieses suchen die Röhre I außerhalb der senkrechten Linie gegen K zu ziehen. Um dies zu verhindern, wird eine andre Stange H M genau gegenüber geführt, so daß M H K eine und die nämliche Stange macht, deren untere Fläche mit dem Horizonte parallel ist. An dem Ende dieser Stange M ist ein Gewicht O angehangen, so daß, wenn man annimmt, daß die Linie L H die fortgeführte Welle der Röhre I I, und senkrecht gegen den Horizont ist, so wird alsdenn das ganze Gewicht auf der Seite von L H gegen M dem ganzen Gewichte an der Seite von L H gegen P gleich sein. P ist der Kopf einer Schraube, in dessen Mittelpunkt die Stange C D Fig. 1. Taf. III. befestiget ist; diese Schraube geht durch das Ende der Stange H G auf gleiche Art wie der Draht, welcher das Gewicht O hält, durch das Ende der Stange H M bei N geht. Die Anwendung dieser Schraube sieht man Fig. 3., wo H K das Ende der Stange H K Fig. 1. Taf. IV. vorstellt, wodurch die Schraube A geht. Der Kopf dieser Schraube P ist gezahnt und eingetheilt. Gegen die Zähne fällt ein Sperrkegel bei K, welcher zuläßt, daß sie unter hinreichender

Kraft vor- und rückwärts gedreht werden kann, indessen sie jedoch fest hält, daß sie sich nicht verrücken kann, ehe sie nicht besonders gestellt wird. Der obere Theil der Schraube C Fig. 3. Taf. III. ist ein Zylinder, welcher durch eine cylindrische Oefnung am Ende der Stange H K geht, und so eingelassen ist, daß er ohne Spielraum rund herum gewendet werden kann. Die Schraube selbst geht durch eine Schraubenmutter bei D in dem Rahmen E F.

Dieser Rahmen sowohl als die Schraube selbst ist von Messing gemacht, und besteht aus der Stange E F, welche gegen den Horizont senkrecht ist; von dieser kommen die zwei Theile G G und E L unter rechtem Winkel, die also gegen den Horizont parallel sind. In dem obern Theile E L ist eine Schraubenmutter, wodurch die Schraube A geht, so daß der Kopf P, wenn er rund herum gedreht wird, den Rahmen E F hebt oder senkt. Unterhalb bei G F ist ein Einschnitt M M, wodurch die Stange N O geht. Diese Stange geht durch einen messingenen Theil P P bei Q, so daß folglich auch die Stange N O gehoben oder gesenkt wird. Der Punkt Q ist genau unter dem Mittelpunkte der Schraube A.

Dieser Punkt Q ist als der Punkt C Fig. 1. zu betrachten. Denn obschon eigentlich der Theil der Stange H K, wo die Schraube A durchgeht und auf dem Ende der Stange H K ruht, der Punkt C Fig. 1. Taf. III. so werden doch, wenn ein Theil der Röhre I I Fig. 1. Taf. IV. am Punkte C in einer gleichen Höhe mit Q Fig. 3. Taf. III. genommen wird, da sie beide von Messing sind, sich auch beide gleichmäßig ausdehnen. Wird alles erwärmt, so wird die Ausdehnung von C H Fig. 1. Taf. IV. die Stange H K heben, und die Ausdehnung der Schraube A und des Rahmen E F wird den Punkt Q herabführen, so daß er stets in gleicher Höhe mit dem Punkte C Fig. 1. sein wird. Die Punkte C und Q Fig. 1. Taf. IV. und Taf. III. also, wenn sie stets von einerlei Höhe sind, können mithin als die Punkte B C Fig. 1. angesehen werden. Der Stab C D Fig. 1. ist ein stählerner Draht, dessen ganze Länge 13 Gran wiegt. Es ist Stahldraht N. 3. Der Punkt E ist bei R Fig. 3.

S S S S Fig. 3. ist ein Rahmen, welcher die Punkte I und E Fig. 1. verbindet; an diesen Rahmen wird die viereckige messingene Stange I I genau befestiget, so daß sie senkrecht auf den Rahmen S S S S aufsitzt; auf der Seite V V dieser Stange ist ein halbzylindrischer Theil Kristal befestiget, so daß der zylindrische Theil gegen R zusteht, und so daß eine Menge Linien senkrecht gegen den Horizont, als Tangenten gegen diesen Zylinder, durch den Einschnitt M M gehen.

W X ist ein andrer viereckiger Stab mit einem krystallenen Halbzylinder, der gleichfalls an den Rahmen S S S S senkrecht damit befestiget ist, indessen aber in der Fuge als Schwalbenschwanz X Y geschoben werden kann, um ihn solchergestalt dem Zylinder an der Stange l l zu nähern oder davon zu entfernen. Dies kann vermittelst einer Schraube geschehen. Man sieht hieraus leicht ein, daß der Draht N O zwischen den zylindrischen Theilen dieser zwei Halbzylinder gehen wird.

Wird die Schraube Y so geschraubt, daß die Zylinder einander berühren, oder vielmehr so als die eigentliche Stärke des Draths N O es zuläßt, so sieht man leicht ein, daß der untere Theil des Draths von V bis O bei V biegsam werden wird, daß aber alsdann die Ausdehnung der Röhre l l Fig. 1. Taf. IV. den Theil des Draths V O nicht heben oder senken werde, und ihn solchergestalt immer in einer gleichen Länge zu erhalten: allein werden die Zylinder nur etwas geöfnet, so wird alsdenn die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Röhre I I Fig. 3. den Theil des Draths zwischen den Zylinder heben oder senken, und das Pendulum jederzeit von gleicher Länge machen, wie auch die Wärme beschaffen ist; auf diese Art kann ein Pendulum, so wie ich bisher bewiesen habe, jederzeit von einer Länge erhalten werden.

Wenn man die verschiedenen Verfahrungsarten bedenkt, um ein Maaß der Länge auszufinden, welches jederzeit und allgemein bestimmbar ist, so bin ich überzeugt, daß wenn man den Unterschied der Länge von zwei Pendeln nimmt, welche verschiedene Zeiträume vibriren, dieses Verfahren nicht nur das vollkommenste, sondern auch das leichteste Mittel dazu ist. Herr Whitehurst erfand eine Vorrichtung, um dieses Unterschieds gewiß zu werden, deren Beschreibung in der Königlichen Societät auch verlesen ward, worauf der Erfinder selbst sie öffentlich herausgab. Nach seinem Tode habe ich diese Vorrichtung selbst gekauft.

Hiebei war indessen kein Mittel angebracht, um das Pendulum von einerlei Länge zu erhalten, wenn die Wärme sich veränderte; folglich war es unmöglich, daß irgend ein genaues Maaß der verschiedenen Längen zweier Pendeln bestimmt werden konnte, welche verschiedene Zeiträume hielten. Zwar hatte Herr Whitehurst sich wohl bemühet, sein Pendulum unter einerlei Grade von Wärme zu erhalten; allein ich weiß aus verschiedenen Versuchen, unter diesen einige zu Ausbrütung der Eyer, wie außerordentlich schwer es hält, einerlei Wärme in irgend einer beträchtlichen Maße zu unterhalten, und daß die Mittel, welche angewendet werden können, sie innerhalb vier oder fünf Grad zu unterhalten, bei Pendeln beinahe ganz unanwendbar sind; solchergestalt müssen nothwendig seine Versuche sehr fehlerhaft ausgefallen sein. Ich bemühete mich daher ein Mittel zu erfinden,

den, das Pendulum in seiner Maschine so zu machen, daß es stets einerlei Länge behielt, wie auch die Wärme beschaffen sein mochte, indem ich einige Vorrichtungen beifügte. Ich dachte dem Grundsatze nach, und errichtete die bereits beschriebene Vorrichtung zu dieser Absicht.

Es würde unnöthig sein, dasjenige nochmals zu wiederhohlen, was ich bereits angeführt habe; ich will daher blos kurz erwähnen, daß der Rahmen der Maschine des Herrn Whitehurst aus zwei Theilen von sehr reinem und gut getrocknetem Tannenholz bestand, woran die Vorrichtung für den biegsamen Draht befestiget war, dessen Pendulum bei Q Fig. 3. Taf. III. sich befand, allein es fehlten hiebei die halbzylindrischen Theile; die zwei viereckigen Theile stießen so an einander, daß sie den obern Theil des Pendulum an ihrer untern Fläche machten; vermittelst der Schraube Y konnten sie indessen von einander gezogen werden, so daß der Draht frei blieb. Die Anwendung geschah vermittelst der Schraube L Fig. 3. Taf. III. um dem Pendulum die erforderliche Länge zu geben, welche bei dieser Vorrichtung einen beträchtlichen Vortheil hat, da es unter der Form, die ich der ganzen Einrichtung gegeben habe, nicht nöthig ist, die Uhr anzuhalten, wenn die Anwendung davon geschehen soll. Diese hölzernen Theile sind mit einem Quertheile von Tannenholz sowohl ober- als unterwärts fest verbunden. Ehe ich es wagte, eine ganz vollkommne Maschine nach diesen Grundsätzen zu bauen, machte ich vorher den Versuch, in wiefern dieser hölzerne Rahmen im Stande sein dürfte, die Spitzen I und E Fig. 1. zu verbinden, und machte den Apparat, zu Veränderung der Spitze I. schraubte die eine an einen dieser senkrechten Theile von Holz auf die eine Seite, und an den andern auf der andern Seite. Das Pendulum selbst dient als Bleiloth, um sie senkrecht zu setzen. An drr Maschine des Herrn Whitehurst gieng die Schraube bei L Fig. 3. durch einen Theil von Messing, ruhete auf demselben, und war oberhalb dem Uhrgehäuse befestiget. Bei meiner Bauart hingegen, wenn die Länge der Stange I B Fig. 3. eingerichtet ist, ist weiter keine Verbindung der Uhr mit dem Uhrgehäuse, ausgenommen mit demjenigen Theile des hölzernen Rahmen, welcher den Punkt I mit dem Punkte E Fig. 1. verbindet. Hätte ich eine Maschine gebauet, oder ich sollte eine zu dieser Absicht unmittelbar bauen, so würde ich anstatt der zwei Theile von Tannenholz, einen starken messingenen Theil anwenden, und zwei zylindrische Höhlungen darein machen, die gegen einander parallel wären, in welche ich denn zwei gläserne Röhren ohngefähr von zwei Zoll im Durchmesser senkrecht oberhalb einlegen würde, welches auf verschiedene Art geschehen kann; auch würde ich, indeß sie in dieser Lage sind, nachdem ich sie allmählich bis zur Hitze des geschmolzenen Bleies erwärmt hätte, geschmolzenes Blei eingießen, um sie in ihren Stellen zu erhalten, nachdem sie kalt geworden. Die Vorrichtung zu Befestigung des Punkts I, und diejenige zur Befestigung der Röhre I I Fig. 2.

Fig. 2. und 3. Taf. IV. bei F Fig. 1. Taf. III. sind gleichfalls von Messing, dehnen sich jederzeit gleichförmig in der Wärme aus, und ziehen sich so in der Kälte zusammen; so daß die gläsernen Röhren jederzeit in einer gleichen Entfernung von einander und gleich senkrecht erhalten werden. Das Glas ist überhaupt sehr wenig geneigt, sich zu verkürzen, und in der Wärme auszudehnen, sondern frei von jeder ähnlichen Neigung bei Feuchtigkeit oder Trockenheit, welches der Fall beim Holze nicht ist.

Nachdem ich die für die Maschine des Herrn Whitehurst beschriebene Vorrichtung angebracht hatte, so setzte ich sie vollkommen zusammen, und unter diesen Umständen erwartete ich nichts weiter als ohngefähre Genauigkeit in der Länge des Pendulum. Ich stellte daneben ein Durchgangsinstrument auf, welches Herrn Ludlam gehörte, und dessen Haupttheile von Herrn Ramsden waren verfertiget worden, das Objektglas war achromatisch von vier Fuß Fokaldistanz und von Herrn Dollond. Ich suchte mein Meridianzeichen, welches in einer Entfernung von ohngefähr drei Viertel einer Meile stand. Desgleichen borgte ich mir von meinem Freunde, Herrn Stevens, eine Uhr mit einem Rostpendulum, welche von Herrn Graham für seinen Vater Dr. Stevens, war verfertiget worden, um sie mit einander zu vergleichen, als ich keine Beobachtungen hatte. Es gab verschiedene kleine Umstände, welche die Versuche einige Zeit unterbrachen, und deren ich nur eines einzigen erwähnen will, da die übrigen zu unbedeutend sind; es geschahe nämlich, daß wegen Krümmung des Draths, die er erhalten hatte, da er um einen runden Stift gewunden worden, und einige Monate in diesem Zustande geblieben, die Uhr während dieser Zeit immer langsamer und langsamer gieng. Endlich ward diese Schwierigkeit gehoben, und ich fieng nunmehr an, mit Graham's Uhr Beobachtungen anzustellen, um die Länge des Pendulum einzurichten, allein es fanden hierbei häufige Unregelmäßigkeiten Statt. Ich berichtigte es sodann vermittelst Beobachtungen, und fand sehr bald, daß die Uhr des Herrn Graham unregelmäßiger gieng als meine eigene. Ich berichtigte es durch Umdrehung des Schraubenkopfes L Fig. 3. bis die Uhr soweit kam, daß sie innerhalb 24 Stunden sieben Zehntheile einer Sekunde verlohr. Nunmehr hielt ich es nicht der Mühe werth, die Berichtigung weiter zu treiben; ich fieng sodann an zu beobachten, welches geschahe, so wie es die Witterung zuließ, und gegen neun Monate dauerte, während denen das Thermometer im Gehäuse der Uhr bis 15° Fahrenheit gefallen, und bis 84° gestiegen war, wobei oft die Veränderungen beträchtlich waren. Unglücklicher Weise habe ich das besondere bei jeder Beobachtung verlegt oder verlohren, indessen aber habe ich doch den größten Unterschied während ihres Ganges aufbehalten. Bei Berechnung zufolge ihres Ganges während der ganzen Zeit, überstieg die Summe niemals eine halbe Sekunde, und war auch nie weniger als eine halbe Sekunde, sowohl von Tag zu Tag, als von Monat zu Monat, oder je nach einer andern Periode während der Beobachtung.

Sie that daher ohnstreitig, ohnerachtet der Fehler, welche wegen der Ausdehnung des Holzes bei feuchter Witterung, und wegen der mindern Standhaftigkeit in dem Gebäude, wo sie aufgesetzt war, Statt fanden, doch ungleich bessere Dienste, als irgend eine andre Uhr, die bisher ist gemacht worden, und giebt vielleicht einen Grundsatz an die Hand, welcher bei feststehenden Observatorien Anwendung erhalten dürfte, um die Zeit mit Zuverläßigkeit durch einfache und minder theure Mittel zu erhalten, und mit dem übrigen von der Vorrichtung des Herrn Whitehurst den Unterschied zwischen den Längen zweier Pendeln zu bestimmen, welche gleiche Zirkelbögen von verschiedenem Durchmesser innerhalb irgend zweier gegebenen verschiedenen Zeiten schwingen.

So hat auch der Astronom der Königlichen Sternwarte eine Verbesserung daran gemacht: nämlich anstatt die zwei kristallinen Theile in eine zylindrische Form zu schleifen, sollte der untere Theil zykloidalisch geschliffen werden, wodurch der Vortheil zykloidalischer Backen würde erhalten werden, eine Einrichtung, welche bisher noch nicht möglich gewesen ist zu erhalten.

Es giebt noch einige fernere Beobachtungen, weche nothwendig gemacht werden müssen, um den Künstler in Stand zu setzen, Uhren nach diesem Grundsatze zu bauen, so wie einige Bemerkungen über ihre Wirkung.

Das Verfahren, ein bleiernes Gewicht zum Pendulum anzuhängen, dessen Verhältniß zu Unterhaltung der Kraft, die Art, das Pendulum an die Uhr anzubringen, und die Bauart der Uhr, findet man in Herrn Whitehursts Schrift darüber, blos mit dem Unterschiede, daß der stählerne Draht durch eine Röhre gehen sollte, die in der Axis des sphärischen Gewichts von Blei liegt, und an dem Boden befestiget werden muß, anstatt oberhalb demselben. Dies indessen ist von keiner großen Folge, wenn nur eine Kraft vorhanden ist, die Höhe des festen Punkts I Fig. 1. abzuändern; da das Pendulum des Herrn Whitehurst theils aus Stahl, theils aus Blei besteht, so muß daher der Punkt I nach den vereinigten Ausdehnungen des Bleies und des Stahls abgemessen werden, wenn der Draht oberhalb der Kugel befestiget wird.

Die erste Bemerkung, welche ich machen will, ist, daß, da der stählerne Draht, die messingene Röhre und die Materialien, welche die Punkte I E verbinden, von verschiedener Größe sind, und verschieden nach ihrer Einrichtung erwärmt oder erkaltet werden, verschiedene derselben geschwinder als andre erwärmt oder erkaltet werden dürften. Indessen wo gute Uhren gehalten werden, sind die Veränderungen der Wärme der Atmosphäre so geringe, daß kein großer Unterschied in der Zeit Statt finden kann, welcher

welcher jeden Theil zur Wärme der Atmosphäre in dem Zimmer erhebt, wo die Uhr steht, und keiner, welcher beträchtliche Irrthümer verursachen könnte. Was den Unterschied der Zeit betrift, wenn sie die Wärme annahmen, so dürfte dies durch den Unterschied der Zeit ersetzt werden, wenn sie die Kälte annahmen, so daß es vielleicht kaum der Fall sein kann, daß irgend ein beträchtlicher Unterschied in dem Gange der Uhr in irgend einer Periode von 24 Stunden erfolgen dürfte, es mögen nun Durchgänge der Sonne oder von irgend einem Fixstern genommen werden.

Der Draht bei jeder Vibration hängt während einem gewissen Theile dieser Vibration zwischen den zwei Zylindern, und berührt keinen derselben: während dieser Zeit muß der Punkt Q als der obere Theil des Pendulum angesehen werden, keineswegs aber der Einschnitt zwischen den Zylindern; allein dieser Theil der Vibration kann ein so kleines Verhältniß davon sein, daß kein beträchtlicher Fehler daraus erwächst, außerdem aber ist er dagegen mit einem sehr großen Vortheile verbunden. Außer bei Herrn Arnold's Kompensation in Rücksicht der Wärme bei Taschenuhren schiebt sich bei allen andern Verfahrungsarten nothwendig eine Oberfläche über Oberfläche über einander weg; wenn sich dies zuträgt, wenn die Wärme, indem sie einen der Körper ausdehnt, macht daß ihre Oberflächen über einander hingleiten, so ist zweierlei erforderlich, daß die angebohrne Trägheit der Materie, und die Anziehung der zwei Oberflächen gegen einander überwunden werde. Ist es nun warm genug, daß so eben die Kraft der Trägheit überwunden wird, so dürfte es indessen doch noch nicht hinreichend sein, auch die Anziehung zu besiegen, es wäre denn, daß die Materie vollkommen hart und unelastisch wäre. Wird nun daher auch die Wärme vermehrt, so erhalten doch die kompensirenden Theile zu Anfange nicht soviel Bewegung, daß beider Widerstand überwältiget werden dürfte, allein nachher stoßen sich die Theile plötzlich, und in vielen Fällen gehen sie noch weiter, als es außerdem geschehen sein würde. Da bei der Kompensation des Herrn Arnold keiner der sich ausdehnenden Theile über einander hingleiten, und in der bereits beschriebenen Vorrichtung es eine Zeit bei jeder Vibration giebt, wenn keiner der sich ausdehnenden Theile über irgend einen Theil wegleitet, so wird auch dadurch alles vermieden, was eine solche Störung erzeugen könnte.

---

## XIV.

## Herrn J. G. Prasse's Verfahren, die Stärke des Zugs großer Federn vermittelst Verbindung mehrer einzeler gewöhnlicher Federn zu erhalten.

Da es in den meisten Gegenden Deutschlands, besonders in kleinern und mittlern Provinzialstädten, immer sehr schwer hält, große englische oder französische Federn zu Stutzuhren von 8 Tagen u. m. zu erhalten; so fiel Herr Prasse auf den Gedanken, diese Kraft durch eine Verbindung mehrer einzeler gewöhnlicher Federn zu erhalten, und selbst diese Kraft durch diese Verbindung so weit zu verstärken, als es erforderlich sein dürfte; er erlangte hierdurch zugleich nicht nur diese Vortheile, die Höhe des Preises abgerechnet, welche solche lange Federn betragen, sondern außerdem noch den nicht weniger wichtigen Vortheil, daß ohnerachtet des Springens einer Feder dieser Zusammensetzung, die Uhr doch noch im Gange erhalten wird, so wie die Kosten solcher gewöhnlichen Federn gegen jene großen beinahe gar nicht zu rechnen sind. Folgende ist die Art der Verbindung solcher Federn, welche gemeinschaftlich den verlangten Zug bewirken.

Es sei A Fig. 14. Taf. II. der Schnecken der Stutzuhr, auf welchen die Kette a sich von der Trommel B des nächststehenden Federhauses windet, welches die erste Feder erhält; von diesem Federhause schlägt sich eine andre Kette b auf die Trommel des zweiten Federhauses der zweiten Feder, und von diesem windet sich während dem die Kette c auf die Trommel D des dritten Federhauses der dritten Feder u. s. f. wenn noch ein größerer Zug verlangt wird, oder eine größere Kraft erforderlich ist. Alle Federn werden durch den Schnecken, wie gewöhnlich zugleich aufgezogen, so wie man zugleich sieht, daß irgend eine einzele Feder springen kann, ohne daß der Gang der Uhr dadurch ganz aufgehoben würde, blos daß der Zug schwächer wird.

Ist keine so große Kraft erforderlich, so daß der nöthige Zug durch zwei Federn bestritten werden kann, so kann man die Ketten von beiden Federhäusern unmittelbar zugleich auf den Schnecken leiten, wie ich Fig. 15. verzeichnet, in welchem Falle aber, wie man leicht einsehen wird, die Gänge des Schnecken geraum und tief genug gemacht werden müssen, damit beide Ketten hinreichend Raum zum Einlegen erhalten.

## XV.

## Untersuchungen zufolge der Theorie der Bewegung zu Bestimmung der Zeiten der Vibration der Taschenuhren, von George Atwood, Esq. F. R. S.

Instrumente zu Abmessung der Zeit durch Vibrationsbewegung *) wurden sehr früh im sechzehnten Jahrhunderte **) erfunden: das einfache Pendulum ***) ist dieserwegen als ein sehr genaues Maaß der Zeit lange vor dieser Periode erkannt worden; indessen scheint es doch nach dem Zeugnisse historischer Nachrichten sowohl, als nach andern Gründen, daß die Unruhe allgemein beim Baue der ersten Thurm- und Taschenuhren angenommen worden; auch geschahe es erst im Jahr 1657, daß Herr Huyghens das Pendulum mit einem Uhrwerke verband.

Die ersten Versuche einer Erfindung, welche sich auf ganz neue und verwickelte Grundsätze gründet, können wir nicht anders als sehr unvollkommen ausgeführt annehmen. In den Taschenuhren von früher Bauart, deren noch einige vorhanden sind, vibrirte die Unruhe blos vermöge des Antriebs der Räder ohne alle andre Vorrichtung und Regulirung: die Bewegung theilte sich der Unruhe vermittelst eines fortgesetzten Antriebs mit, bis sie theils durch Anreibung, theils durch den darauf folgenden Antrieb in der entgegengesetzten Richtung aufgehoben wurde; die Vibrationen müssen denn nothwendig sehr ungleich und unregelmäßig gewesen sein.

K 3 Diese

*) Die Alten waren schon 140 Jahre vor Christus, und wahrscheinlich noch früher mit dem Gebrauche des Räderwerks beim Baue der Instrumente zu Abmessung der Zeit bekannt. „Zähne, die einander antreiben, erzeugen mäßige Fortgänge und Bewegungen" ist der Ausdruck des Vitruvius bei Beschreibung einer Maschine, deren vornehmster Gebrauch war, die Zeit des Tages anzudeuten. Der Vibrationen wird in den Beschreibungen der Uhren, die von den Alten sind gebauet worden, gar nicht erwähnet, noch sich darauf bezogen. Dr. Derham on clock-work. S. 86. 4te Ausg.

**) Um das Jahr 1500 zufolge einiger Nachrichten.

***) Man glaubt, daß Tycho de Brahe sich des Pendulum bei astronomischen Beobachtungen bedienet habe. Ricciolus, Kircher, Mersenne und verschiedene andre werden ausdrücklich vom Sturmius erwähnet, daß sie dieses Verfahren zu Abmessung der Zeit angewendet haben.

Diese Unvollkommenheiten wurden indessen größtentheils vermöge Dr. Hook's sinnreicher Erfindung durch Anwendung einer Spiralfeder an die Unruhe *) gehoben: die Wirkung dieser Feder auf die Unruhe ist derjenigen der Schwere auf ein Pendulum ähnlich: jede Art von Kraft hat die Wirkung, die Unregelmäßigkeiten des Antriebs und des Widerstands zu verbessern, welche außerdem den Isochronismus der Vibrationen stören.

Während des gegenwärtigen Jahrhunderts sind verschiedene Verbesserungen in dem Baue der Taschenuhren, besonders von den Künstlern dieses Landes geschehen, deren Fleiße, unterstützt und aufgemuntert durch öffentliche Belohnungen, wir die Vollkommenheit der neuern Taschenuhren und Zeitmesser zu verdanken haben, die in Rücksicht ihrer Anwendung bei der Geographie, Schifskunde und Astronomie sich so besonders ausgezeichnet haben.

Die Grundsätze, nach welchen Zeitmesser erbauet werden, verschaffen, in theoretischer Hinsicht betrachtet, einen wichtigen Gegenstand der Untersuchung. Es verursacht jederzeit Vergnügen, die Bewegung der Maschinen mit den allgemeinen Gesetzen der Mechanik zu vergleichen, wenn Anreibung und andre unregelmäßige Kräfte in soweit vermindert werden, daß man dabei auf Theorie Rücksicht nehmen kann, besonders wenn ein Bezug von praktischem Nutzen von einer solchen Vergleichung gefolgert werden kann. Bei Zeitmessern werden die unregelmäßigen Kräfte sowohl vom Antriebe als vom Widerstande vermöge der Genauigkeit der Form und der Dimension, welche jedem Theile eines solchen Werks gegeben wird, um sehr vieles vermindert; ferner werden sie auch noch durch Unterhaltung der Kraft verbessert, welche von der Hauptfeder herkommt: denn welche Bewegung auch vermöge der Unruhe von irgend einem Widerstande verlohren geht, so wird doch immer beinahe die nämliche Bewegung durch Unterhaltung der Kraft mitgetheilt, so daß der Bogen der Vibration, so weit als möglich, einerlei Länge behält.

Bei diesen Maschinen ist das wahre Maaß der Zeit die Unruhe, da das ganze übrige Werk blos dazu dient, die Bewegung der Unruhe zu unterhalten, und die Zeit anzuzeigen, wie sie von den Vibrationen abgemessen wird. Der regelmäßige Gang eines Zeitmessers wird daher von der Zeit abhängen, als die Unruhe vibrirt. Diese Zeit der Vibra=

*) Im Jahr 1658. Eine Aufschrift auf einer Uhr mit der Unruhe und Spiralfeder, die dem Könige Karl II. geschenkt worden, bestimmt die Zeit der Erfindung für das Jahr 1658. Dr. Derham sagt, daß er die Uhr gesehen, welche folgende Aufschrift gehabt: „Robert Hook inv. 1658. T. Tomson fec. 1675." Dr. Derham on Clockwork." S. 103.

Vibration nach den verschiedenen Bedingungen, von denen sie abhängt, zu untersuchen, soll der Gegenstand der folgenden Abhandlung sein.

Es stelle P M N S Taf. IV. Fig. 2. den Umkreis einer Taschenunruhe vor, welche vermöge der Wirkung einer Spiralfeder *) vibrirt, und die an einer Welle befestiget ist, die durch den Mittelpunkt C geht. Es sei O D B E der Umkreis eines konzentrischen Zirkels, den man als beständig annimmt, und worauf die Bewegung der Unruhe bezogen werden kann. In dem Umkreise dieses Zirkels werde irgend ein Punkt O angenommen, und wenn die Unruhe in ihrer ruhenden Lage ist, so stelle man sich eine Linie vor, welche durch C und O gezogen werde, und die den Umkreis der Unruhe in dem Punkte A schneide; der Halbmesser C A wird ein Inder sein, wodurch die Lage der Unruhe, und ihre Bewegung durch irgend verschiedene Bogen der Vibration, gehörig bestimmet werden. In folgendem wird die Bewegung der Unruhe und die Bewegung des Zeigers C A gleichgültig als Ausdrücke angenommen werden, welche einerlei Bedeutung haben. Wenn die Unruhe in ihrer ruhenden Lage ist, in sofern der Inder C A gegen den festen Punkt O gerichtet ist, so wird dem zufolge O der Punkt der Ruhe der Unruhe oder der Feder der Unruhe genennt, und zeigt die Lage, wenn die Unruhe von der elastischen Kraft der Feder weder nach einer noch nach der andern Richtung getrieben wird. Wird die Unruhe durch irgend einen Winkel O C B bewegt, während dem die Spiralfeder durch den nämlichen Winkel aufgewunden wird, so bemüht sie sich vermöge ihrer elastischen Kraft, sich selbst wieder herzustellen; und ist sie in völliger Freiheit, so treibt sie die Unruhe durch den Bogen B O mit einer beschleunigten Geschwindigkeit, bis sie in die Lage O kommt, wo die Kraft der Beschleunigung aufhört; mit der bei O erhaltenen Geschwindigkeit fährt die Unruhe in ihrer Vibration fort, und beschreibt den Bogen O E mit verzögerter Bewegung **).

Die elastische Kraft der Feder unter gleichen Entfernungen an den gegenüberliegenden Seiten des Punkts O werden als gleich angenommen; eben so nimmt man auch an, daß die Wirkungen der Anreibung, und jeder andre unregelmäßige Widerstand, welcher die Bewegung der Unruhe verzögert, von der Hauptkraft ersetzt wird, so daß die Zeit, wenn der erste Bogen der Vibration B O vermöge einer beschleunigten Bewegung

*) Bei diesen Untersuchungen ist es gleichgültig, ob die Unruhe angenommen wird, daß sie vermöge einer Spiral- oder Helikalfeder ihre Vibrationen macht.

**) Die elastische Kraft der Spiralfeder, wenn sie in einer gegebenen Spannung ist, um die Unruhe zu bewegen, wird hier als die nämliche angenommen, die Unruhe sei in Ruhe oder in Bewegung, da sie in beiden Fällen gleich ist dem Gewichte, womit die Kraft der Feder unter der gegebenen Spannung im Gleichgewichte sein würde.

gung beschrieben wird, der Zeit gleich sein wird, wenn der letztere Bogen O E vermöge einer verzögerten Bewegung beschrieben wird, und daß der ganze Bogen der Vibration B O E vermittelst des Punkts O halbirt wird.

Um die Bauart von Fig. 2. deutlicher zu machen, wird der feste Zirkel O D B E als in einer geringen Entfernung von dem Umkreise der Unruhe vorgestellt, indessen muß man ihn als damit zusammenfallend ansehen, so daß der Bogen B O, welcher den Winkel B C O macht, von gleicher Länge mit einem Bogen des Umkreises der Unruhe sein könne, welcher den nämlichen Winkel B C O macht: nach diesem Grundsatze können C O oder C A willkührlich als Halbmesser der Unruhe genommen werden.

Die Bestimmung der Zeit, in welcher die Unruhe vibrirt, erfordert nach der Theorie der Bewegung, die Kenntniß der folgenden einzelen Sätze.

1. Die elastische Kraft der Feder, welche den Umkreis der Unruhe treibt, wenn sie in einer gegebenen Angular = Distanz O D Fig. 2. von dem ruhenden Punkte O ist.

2. Das bei der Veränderung der Kraft der Feder beobachtete Gesetz oder Verhältniß, während dem die Unruhe von dem Ende des halben Bogen B bis zum Punkte der Ruhe O getrieben wird, indeß alle Beschleunigung aufhört.

3. Die Schwere der Unruhe mit Einfluß der Theile, welche damit vibriren.

4. Der Halbmesser der Unruhe C O und der Abstand des Mittelpunkts der Umdrehung von der Axe der Bewegung C G.

5. Die Länge des halben Bogens B O.

Wir wollen annehmen, die Fläche der Unruhe liege vertikal, und es sei ein Gewicht P Fig. 3. vermöge eines Fadens angebracht, welcher frei von dem Umkreise bei T herabhänge, um ein Gegengewicht mit der elastischen Kraft der Feder zu machen, wenn die Unruhe unter einem Winkel von der Ruhe O C D aufgewunden wird. Dieses Gewichte P (die Schwere des Fadens sei dafür angenommen) wird die Kraft der Spiralfeder sein, welche den Umkreis der Unruhe treibt, wenn es unter der Angular = Distanz O D von der ruhenden Lage ist.

Es scheint vermöge verschiedener Versuche, daß die Gewichte, welche erforderlich sind, um mit der elastischen Kraft der Spiralfeder das Gleichgewichte zu machen, wenn die Unruhe bis zu den verschiedenen Entfernungen von dem ruhenden Punkte, die vermöge der Bögen O G, O H, O I Fig. 3. *) u. s. f. vorgestellt worden, gelangt ist,

*) Berthoud traité des horloges marines. S. 149.

ist, beinahe in dem Verhältnisse dieser verschiedenen Bögen sich befinden. Auch scheint es, daß die Gestalt, die Länge, und die Anzahl der Umdrehungen der Spiralfeder für jedes andre so eingerichtet werden können, daß die Kräfte der Elasticität durch Gewichte ins Gleichgewicht gesetzt werden können, welche in dem genauen Verhältnisse der Angular-Entfernungen von der ruhenden Lage sind, oder wie man sich auch zuweilen ausdrückt, in dem Verhältnisse der Ausspannungen der Feder; wenigstens beinahe so, als durch Versuche berichtiget werden kann: dieses Gesetz der elastischen Kraft wird in der folgenden Untersuchung angenommen.

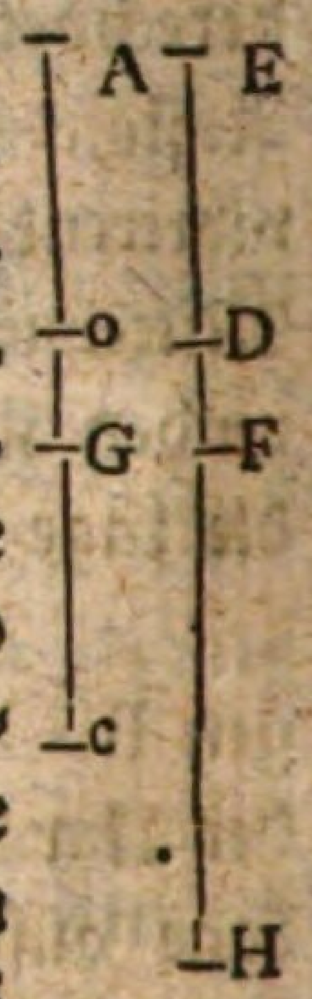
Die Lage des Mittelpunkts der Umdrehung kann jederzeit bestimmt werden, wenn die Figur des vibrirenden Körpers regelmäßig ist, indem man die Summe der Produkte berechnet, welche durch Multiplizirung eines jeden Partikelchens in das Quadrat ihres Abstands von der Axe der Bewegung entsteht, und die Summe durch die Schwere des vibrirenden Körpers dividirt, die Quadratwurzel des Resultats wird der Abstand des Mittelpunkts der Umdrehung von der Axe der Bewegung sein. Ist die Figur des vibrirenden Körpers unregelmäßig, so muß man seine Zuflucht zu Versuchen *) nehmen, um die Lage des Mittelpunkts der Umdrehung zu bestimmen.

Es sei der Halbmesser der Unruhe C A oder $CO = r$ Fig. 2. der halbe Bogen $BO = b$: es sei ferner die elastische Kraft der Feder, welche auf den Umkreis der Unruhe wirkt, wenn sie bis zu einem gegebenen Winkel O C D von der ruhenden Lage aufgewunden wird, $= P$, und es sei der Bogen $OD = a$; die Schwere der Unruhe, und die Theile, welche damit vibriren, $= W$; der Abstand des Mittelpunkts der Umdrehung von der Axe der Bewegung $CG = g$. Ist dieses vorausgesetzt, so ist der Widerstand der Trägheit, wodurch die Masse, die in der Unruhe enthalten ist, sich der Mittheilung der Bewegung gegen den Umkreis widersetzt, $\frac{W g^2}{r^2}$: und folglich ist die Kraft, welche den Umkreis unter der Angular-Distanz O C D von der ruhenden Lage beschleuniget, $\frac{P r^2}{W g^2}$. Diese Größe, welche unveränderlich die nämliche bleibt, indeß die Unruhe den Bogen der Vibration B O E beschreibt, kann durch den Buchstaben F bezeichnet werden, so daß $F = \frac{P r^2}{W g^2}$; wir wollen annehmen, der Halbmesser C A, welcher eine Vibration von dem Punkte B anfängt, habe den Bogen B H beschrieben, und es sei $OH = x$; da die Kraft, welche den Umkreis bei der Angular-Distanz von der Ruhe O D beschleunigt, $= F$ ist, und die Kräfte der Beschleuni-gung

*) Treatise on the rectilinear Motion and Rotation of bodies. S. 226 und 301.

gung werden angenommen, daß sie in dem Verhältnisse der Angular-Distanzen von dem ruhenden Punkte O verschieden sind, so wird die Kraft, welche den Umkreis der Unruhe bei dem Punkte H beschleuniget, sein $= \frac{Fx}{a}$; es sei u der Raum, durch welchen ein Körper frei von der Ruhe durch Beschleunigung der Schwere fällt, um die Geschwindigkeit des Umkreises bei dem Punkte H zu erhalten; so geben die Grundsätze der Beschleunigung diese Gleichung *), $u = \frac{-Fxx}{a}$; und nimmt man die Fluenten, indeß

*) Newtonii Princ. Vol. I. prop. xxxix. Es beschreibe ein Körper die Linie A C durch die Beschleunigung einer Kraft, welche in irgend einem Verhältnisse der Entfernungen von einem Mittelpunkte C veränderlich ist. Ein andrer Körper beschreibe die Linie E H durch Beschleunigung einer beständigen oder gleichförmigen Kraft. Man nehme an, die Geschwindigkeit bei O sei gleich der Geschwindigkeit bei D, und es sein O G und D F die verschiedenden Räume, oder die Inkremente des Raums, worin gleiche Geschwindigkeiten erzeugt werden; so daß E D eine Linie vorstelle, wodurch ein Körper aus der Ruhe durch Beschleunigung der beständigen oder gleichförmigen Kraft fallen müsse, um die Geschwindigkeit des andern Körpers bei O zu erlangen. Es muß bewiesen werden, daß das Inkrement des Raums O G zum Inkremente des Raums D F sei, wie die Kraft der Beschleunigung bei D zur Kraft der Beschleunigung bei O. Es sei die erste dieser Kräfte d. i. bei D durch G bezeichnet, und die leztere Kraft bei O durch H. Es sei E D = u, und A O = x. Desgleichen sei D F = u, und O G = x.




Weil die Inkremente der Geschwindigkeit stets sind wie die Kräfte der Beschleunigung, und die Elementar-Zeiten, in welchen sie verbunden wirken, so folgt, daß wenn die Inkremente der Geschwindigkeit gleich sind, die Kräfte in dem umgekehrten Verhältnisse der Elementar-Zeiten stehen, in denen sie wirken; d. i. (wenn die Geschwindigkeiten, welche die verschwindenden Räume O G, D F beschreiben, vermöge dieser Voraussetzung gleich sind) die Kräfte stehen in dem umgekehrten Verhältnisse dieser Räume, und folglich ist die Kraft bei D (G) zur Kraft bei O (H) wie O G zu D F, d. i. zufolge der vorhergehenden Bestimmung $G : H = \dot{x} : \dot{u}$ oder $\dot{u} = \frac{H\dot{x}}{G}$. Wird die beständige Kraft G gleich derjenigen der Schwere angenommen, so kann sie durch irgend eine beständige Große als Einheit ausgedrückt werden. Sezt man also 1 anstatt G, so wird die Gleichung werden $\dot{u} = H x$. In diesem Ausdrucke wer-

deß x von b bis z abnimmt, so ist $u = \frac{F \times \overline{b^2 - x^2}}{2\ a}$; wenn daher $l = 193$ Zoll gemacht wird, als der Raum, welchen fallende Körper frei von der Ruhe durch die Kraft der Schwere nahe an der Oberfläche der Erde in einer Sekunde Zeit beschreiben, so wird die Geschwindigkeit des Umkreises, wenn das Ende A des Index C A bis zum Punkte H gekommen ist, sein $= \sqrt{\frac{2\ l\ F}{a}} \times \sqrt{b^2 - x^2}$. Es stelle t die Zeit vor, worin der Umkreis den Bogen B H beschreibt, so wird alsdenn $t = \sqrt{\frac{a}{2\ l\ F}} \times \frac{-\ \dot{x}}{\sqrt{b^2 - x^2}}$; und $t = \sqrt{\frac{a}{2\ l\ F}}$ x in einen Zirkelbogen, dessen Kosinus gleich $\frac{x}{b}$ zum Radius = 1 ist, welches die Zeit ist, als der Bogen B H in Theilen einer Sekunde ausgedrückt, beschrieben wird; ist $x = 0$, d. i. wenn der Umkreis den ganzen halben Bogen B O beschrieben hat, so ist der Zirkelbogen, dessen Kosinus $= \frac{x}{b}$ ist, ein Quadrant eines Zirkels für den Radius = 1. Es sei $p = 3.14159$, u. s. f. Die Zeit t zur Beschreibung des halben Bogens B O $= \sqrt{\frac{a}{2\ l\ F}} \times \frac{p}{2} = \sqrt{\frac{p^2\ a}{8\ l\ F}}$.

In diesem Ausdrucke für die Zeit einer halben Vibration, bezeichnet der Buchstabe a die Länge des Bogens O D; sollte dieser Bogen durch eine Anzahl von Graden $c^\circ$ ausgedrückt werden, so wird a alsdenn $= \frac{p\ r\ c^\circ}{180^\circ}$; und wird diese Größe anstatt a angenommen, so wird die Zeit einer halben Vibration sein $t = \sqrt{\frac{p^3\ r\ c^\circ}{8\ l\ F \times 180^\circ}}$; wenn anstatt F dessen Werth $\frac{P\ r^2}{W\ g^2}$ in der Gleichung $t = \sqrt{\frac{p^3\ r\ c^\circ}{8\ l\ F \times 180^\circ}}$ angenommen wird, so wird die Zeit einer halben Vibration sein $t = \sqrt{\frac{W\ p^3 g^2\ c^\circ}{8\ P\ r\ l \times 180^\circ}}$.

 Es

werden die Linien u und x angenommen, daß sie sich vermehren; allein wenn $\dot{u}$ wächst, indeß x abnimmt, so werden die Zeichen der Veränderungen $\dot{u}$ und $\dot{x}$ entgegengesetzt sein: in diesem Falle ist die Gleichung $\dot{u} = -\ H\ \dot{x}$ geworden.

Es sei der gegebene Bogen $c^0 = 90^\circ$, so wird in diesem Falle sein $t = \sqrt{\frac{W p^3 g^2}{16 P r l}}$. Dies sind Ausdrücke für die Zeit einer halben Vibration, wie auch die Gestalt der Unruhe beschaffen ist, indeß die andern Bedingungen die nämlichen bleiben, wie sie bereits angegeben worden sind. Wäre die Unruhe eine zylindrische Platte, so ist bekannt, daß die Entfernung des Mittelpunkts der Umdrehung von der Axe zu dem Radius ist wie 1 zu $\sqrt{2}$; daher ist in diesem Falle $g^2 = \frac{r^2}{2}$, und die Zeit der halben Vibration oder $t = \sqrt{\frac{W p^3 r}{32 P l}}$ *).

Ich

*) Die Unruhen der Taschenuhren sind insgemein von einer solchen Gestalt, um den Mittelpunkt der Umdrehung beinahe in der nämlichen Entfernung von der Axe zu setzen, als wenn die Figuren zylindrische Platten von gleichförmiger Stärke und Dichtigkeit wären. Würde es verlangt, von der Theorie die Zeit einer Vibration der Unruhe vollkommen genau zu erhalten, so würde es nothwendig sein, die Lage des Mittelpunkts der Umdrehung von den Dimensionen eines jeden Theils der Unruhe, und was irgend damit vibrirt, sehr strenge zu berechnen. Indessen ist es in Fällen, die blos zur Erläuterung der allgemeinen Lehrsätze dienen, um die Zeiten der Vibration zu berichtigen, unnöthig, weitläuftige und mühsame Berechnungen anzustellen, die von der Form irgend einer besondern Unruhe abhängen, da, wenn man sie als eine zylindrische Platte annimmt, die Zeit der Vibration wesentlich von derjenigen nicht sehr abweichen wird, welche das Resultat der genauen Untersuchung sein würde.

Da ich begierig war, die Zeit der Vibration, so wie sie von der Theorie der Bewegung hergeleitet wird, mit der wirklichen Vibration einer Taschenunruhe zu vergleichen, so ersuchte ich Herrn Farnshaw, (dessen vortrefliche Bearbeitung seiner Zeitmesser bekannt ist) die Versuche anzustellen, von denen das Erforderliche für diese Berechnung hergeleitet wird. Diese Vesuche geschahen an der Unruhe einer Taschenuhr, welche von Herrn Kendal nach Herrn Harrisons Grundsätzen gebaut war, und dasjenige Instrument ist, welches Kapitain Cook mit sich während seiner letzten Reise nach der Südsee nahm. Die Resultate sind folgende:

Durchmesser der Unruhe — — — — — $2\frac{1}{4}$ Zoll.

Schwere der Unruhe, und Theile, die damit vibriren — — 42 Gran.

Schwere an dem Umkreise der Unruhe angebracht, welche mit der Kraft der Spiralfeder im Gleichgewichte steht, wenn die Unruhe unter einem Winkel von 180° sich aufgewunden hat — — — — — 48 Gran.

Die

Ich muß hier anmerken, daß der halbe Bogen der Vibration B O = b nicht mit zu den Ausdrücken für die Zeit einer halben Vibration gehört; wenn daher anstatt des halben Bogens B O, ein Bogen von irgend einer andern länge L O, der sich in den Punkt der Ruhe O Fig. 2. endiget, in vorhergehender Untersuchung genommen werden sollte, so würde die Zeit zur Beschreibung von L O noch sein $= \sqrt{\frac{a\ p^2}{8\ l\ F}}$ oder $\sqrt{\frac{p^3\ r\ c^\circ}{8\ l\ F \times 180^\circ}}$ gleich der Zeit zu Beschreibung des andern halben Bogens B O; folglich werden, die Unruhe vibrire in den längsten oder kürzesten Bögen, die Zeiten der Vibration einerlei sein.

Nach den vorhergehenden Untersuchung sieht man, daß wenn die Kraft, wodurch der Umkreis der Unruhe unter der gegebenen Angular-Distanz c° von der ruhenden lage beschleuniget wird, ist = F, die Zeit der halben Vibration $t = \sqrt{\frac{p^3\ r\ c^\circ}{8\ l\ F \times 180^\circ}}$; und wechselsweise wenn die Zeit einer halben Vibration ist = t, so ist die Kraft, welche den Umkreis an der gegebenen Angular-Distanz c° von der ruhenden lage beschleunigt, d. i. $F = \frac{p^3\ r\ c^\circ}{8\ l\ t^2 \times 180^\circ}$.

L 3 Da

Die Schwere, welche mit der Kraft der Feder im Gleichgewichte steht, wenn die Unruhe 90° von der Ruhe steht — — — 24 Gran.

Diese Bestimmungen geben folgende Annahmen in dem Ausdrucke für die Zeit einer halben Vibration $t = \sqrt{\frac{W\ p^3\ r}{32\ P\ l}}$. Nämlich W = 42 Gr. = der Schwere der Unruhe nebst den Theilen, welche damit vibriren.

P = 24 Gr. = der Kraft am Umkreise der Unruhe, welche mit der Kraft der Feder im Gleichgewichte steht, wenn sie bis zu einer Entfernung von 90° aufgewunden ist.

r = 1. 125 Zoll und Theile = dem Radius der Unruhe.

l = 193 Zoll = dem Raume, welcher in einer Sekunde Zeit von Körpern beschrieben wird, welche frei aus der Ruhe durch Beschleunigung der Schwere fallen.

p = 3. 14159 u. f. = dem Umkreise eines Zirkels, dessen Durchmesser 1 ist;

die Zeit einer halben Vibration $t = \frac{\sqrt{42 \times 3.14159^3 \times 1.125}}{32 \times 24 \times 193} =$ Theile einer Sek. 0. 0994

Die Unruhe in die mittlere Zeit gerichtet, macht 5 Vibrationen in 1 Sek.; die wirkliche Zeit einer halben Vibration — — — — 0. 1000

Unterschied zwischen der wirklichen und berechneten Zeit — — 0. 0006

Da Taschenuhren und Zeitmesser insgemein auf die mittlere Zeit gerichtet werden, wenn die Unruhe fünf Vibrationen innerhalb einer Sekunde macht, so wird die Zeit einer halben Vibration in diesem Falle sein $= \frac{1}{10}$ einer Sekunde: ist die Annahme von $\frac{1}{10}$ für t in der vorhergehenden Gleichung gemacht, so wird die Kraft, welche den Umkreis der Unruhe beschleuniget, wenn sie unter einer gegebenen Angular-Distanz $c^o$ von der ruhenden Lage ist, für alle Zeitmesser, die auf die mittlere Zeit eingerichtet sind, und in welchen die Unruhen fünf Vibrationen in einer Sekunde machen, bestimmt sein. Wir wollen annehmen, der gegebene Winkel $c^o$ sei $= 90^o$; macht man nun $c^o = 90^o$, $p = 3.14159$ u. f. $l = 193$, $t = \frac{1}{10}$, so ist die beschleunigende Kraft an der Angular-Distanz von der Ruhe $90^o$ oder $F = \frac{p^3\, r\, 90^o}{8\, l\, t^2 \times 180^o} = r \times 1.00408926$. Wir sind daher nun zur folgenden Folgerung gelangt: wenn der Radius der Unruhe gleich ist 1 Zoll, und der Zeitmesser ist auf die mittlere Zeit gerichtet, wenn die Unruhe fünf Vibrationen in einer Sekunde macht, so ist die Kraft, welche den Umkreis der Unruhe unter der Entfernung von $90^o$ von der richtenden Lage beschleuniget, $= 1.00408926$, indem die beschleunigende Kraft der Schwere $= 1$ ist. Ist nun der Radius der Unruhe größer oder geringer als 1 Zoll, so wird die Kraft, wodurch der Umkreis in der Entfernung von $90^o$ von der Ruhe beschleuniget wird, größer oder geringer sein als $1.00408926$ in Verhältniß zu den Halbmessern.

Zufolge der Grundsätze, die in der vorhergehenden Angabe angenommen worden, wird vorausgesetzt, daß die elastische Kraft der Feder in dem Verhältnisse zu den Angular-Distanzen von der ruhenden Lage sich verändre, und zufolge dieser Bedingung wird gezeigt, daß die Vibrationen isochronisch sind, sie mögen nun in längern oder kürzern Bögen geschehen; allein wenn die elastische Kraft der Feder in verschiedenen Abständen von der Ruhe nicht genau in dem hier angenommenen Verhältnisse sein sollte, so können die längern und kürzern Bögen in Zeiten beschrieben werden, welche nach irgend welchen Verhältnissen der Ungleichheit unterschieden sind. Wenn z. B. die Kraft der Feder, anstatt in dem Verhältnisse der erwähnten Distanzen verschieden zu sein, in $\frac{999}{1000}$ Potenz, oder $\frac{1001}{1000}$ Potenz der Distanzen verschieden sein sollte, so sieht man nach der vorhergehenden Auflösung nicht, welche Veränderung in dem täglichen Gange vermöge dieser Abweichung in dem Gesetze der Veränderung der Kraft würde verursacht werden, wenn der halbe Bogen der Vibration vermöge eines gegebenen Bogens vermehrt oder vermindert wird. Um diesen Punkt vollkommen zu berichtigen, sind andre Untersuchungen erforderlich, wodurch dies erhalten werden kann, und um zu wissen, welche

Ver-

Veränderung in dem täglichen Gange eines Zeitmessers vermöge einem gegebenen Anwachse oder einer Verminderung des Bogens der Vibration verursacht wird, wenn die elastische Kraft der Feder in einem Verhältnisse der Distanzen von der ruhenden Lage abweicht, deren allgemeiner Index oder Exponente irgend eine Zahl oder Bruch n ist.

Wird die Kraft, welche die Unruhe beschleuniget, in derjenigen Potenz der Abstände angenommen, deren Exponent n ist, so sei B O = b Fig. 4. der halbe Bogen der Vibration, wenn der Zeitmesser nach der mittlern Zeit eingerichtet ist; es sei D O = a; die beschleunigende Kraft an dem Umkreise in der Entfernung von der Ruhe O D = F; man nehme an, daß der Umkreis den Bogen B H von dem Ende des Bogens B beschrieben habe; und es sei H O = x: so ist alsdenn die Kraft, wodurch der Umkreis beschleuniget wird, wenn sie unter der Angular-Distanz von der ruhenden Lage O H ist $= \frac{F\, x^n}{a^n}$; es sei u der Raum, wodurch ein Körper frei von der Ruhe vermöge der Beschleunigung der Schwere fällt, um die Geschwindigkeit des Umkreises zu erlangen, wenn sie den Bogen B H beschrieben hat; die Grundsätze der Beschleunigung geben diese Gleichung: $u = \frac{F\, x^n\, x}{a^n}$: nimmt man die Fluenten, indeß x von b bis x abnimmt, so ist $u = \frac{F\, b^{n+1} - F\, x^{n+1}}{\overline{n+1} \times a^n}$, und ist l 193 Zoll, so wird die durch den Umkreis erlangte Geschwindigkeit nach Beschreibung von B H sein $= \sqrt{\frac{4\, l\, F}{\overline{n+1} \times a^n}} \times \sqrt{b^{n+1} - x^{n+1}}$; es sei T die Zeit des beschreibenden Bogens B H; daher $T = \sqrt{\frac{\overline{n+1} \times a^n}{4\, l\, F}} \times \frac{-\dot{x}}{\sqrt{b^n x^1 - x^{n+1}}}$. Die Zeit des beschreibenden Bogens B H wird der Fluente dieser Fluxion sein, indeß x von b bis x abnimmt, und die Zeit den halben Bogen B O zu beschreiben, wird der ganze Fluente von $\sqrt{\frac{\overline{n+1} \times a^n}{4\, l\, F}} \times \frac{-\dot{x}}{\sqrt{b^{n+1} - x^{n+1}}}$ sein, während dem x von b bis o abnimmt.

Nun fange die Unruhe ihre Vibration von irgend einem andern Punkte I Fig. 4. an, und es sei I O = c; wir wollen annehmen, daß der Umkreis den Bogen I K beschrieben habe, und mache O K = y; es sei t die Zeit, um den Bogen I K zu beschreiben; so

wird, wenn man nach der nämlichen Art fortfährt wie im vorigen Falle, gefunden, daß $t = \sqrt{\frac{\overline{n+1} \times a^n}{4 l F}} \times \frac{-\dot{y}}{\sqrt{c^{n+1} - y^{n+1}}}$ ist, und die Zeit, um den halben Bogen I O zu beschreiben, wird der ganze Fluente dieser Fluxion sein, indeß y von c bis o abnimmt. Obschon die Fluenten der Fluxionen $\frac{-\dot{x}}{\sqrt{b^{n+1} - x^{n+1}}}$ und $\frac{-\dot{y}}{\sqrt{c^{n+1} - y^{n+1}}}$ nicht in allgemeinen Sätzen ausgedrückt werden können, so kann doch das genaue Verhältniß der erwähnten Fluenten bestimmt werden, welches das Verhältniß der Zeiten sein wird, worin die Unruhe in zwei halben Bogen B O, I O vibrirt; die multiplizirende Größe $\sqrt{\frac{\overline{n+1} \times a^n}{4 l F}}$ ist beiden Fluxionen gemein, und da der ganze Fluente *) von $\frac{-\dot{x}}{\sqrt{b^{n+1} - x^{n+1}}}$ zum ganzen Fluenten von $\frac{-\dot{y}}{\sqrt{c^{n+1} - y^{n+1}}}$ ist wie $b^{\frac{1-n}{2}}$ ist

*) $\frac{\dot{x}}{\sqrt{b^{n+1} - x^{n+1}}} = \frac{1}{b^{\frac{n+1}{2}}} \times \frac{\dot{x}}{\sqrt{1 - \overline{\frac{x}{b}}|^{n+1}}}$ und $\frac{\dot{y}}{\sqrt{c^{n+1} - y^{n+1}}} = \frac{1}{c^{\frac{n+1}{2}}} \times \frac{\dot{y}}{\sqrt{1 - \overline{\frac{y}{c}}|^{n+1}}}$. Um das Verhältniß des ganzen Fluenten von $\frac{\dot{x}}{\sqrt{1 - \overline{\frac{x}{b}}|^{n+1}}}$ zu dem ganzen Fluenten von $\frac{\dot{y}}{\sqrt{1 - \overline{\frac{y}{c}}|^{n+1}}}$ zu finden, mache man $x = \frac{by}{c}$, so daß wenn $x = o$, $y = o$, und wenn $x = b$, $y = c$ ist, alsdenn $\frac{\dot{x}}{\sqrt{1 - \overline{\frac{x}{b}}|^{n+1}}} = \frac{b}{c} \times \frac{\dot{y}}{\sqrt{1 - \overline{\frac{y}{c}}|^{n+1}}}$ ist, und das Verhältniß von $\frac{\dot{x}}{\sqrt{1 - \overline{\frac{x}{b}}|^{n+1}}}$ zu $\frac{\dot{y}}{\sqrt{1 - \overline{\frac{x}{c}}|^{n+1}}}$ wird sein gleich dem-

ist zu $c^{\frac{1-n}{2}}$, so folgt, daß die Zeit einer halben Vibration in dem Bogen B O ist zur Zeit einer halben Vibration in dem Bogen I O, wie $b^{\frac{1-n}{2}}$ zu $c^{\frac{1-n}{2}}$ oder wie 1 zu $\overline{\frac{IO}{BO}}\Big|^{\frac{1-n}{2}}$.

Man nehme an, eine Taschenuhr sei in die mittlere Zeit eingerichtet, wenn der halbe Bogen der Vibration der Unruhe ist = B O Fig. 4., und es werde dieser halbe Bogen nachgehends vermindert bis I O; die Zeit, welche die Uhr in irgend einem gegebenen Theile der mittlern Zeit t zeigt, wenn der halbe Bogen der Vibration ist I O, wird sein $= t \times \overline{\frac{BO}{IO}}\Big|^{\frac{1-n}{2}}$; und wenn t gesetzt wird = 24 St., so wird die Abweichung in dem täglichen Gange zufolge der Verminderung des halben Bogens der Vibration von B O bis I O sein 24 St. × $\overline{\overline{\frac{BO}{IO}}\Big|^{\frac{1-n}{2}} - 1}$ *).

Um

demjenigen von $\frac{b}{c}$ zu 1 oder von b zu c; ist dies das bleibende Verhältniß der Fluxionen, wenn $x = \frac{by}{c}$ ist, so werden die Fluenten in dem nämlichen Verhältnisse sein, vorausgesetzt $x = \frac{by}{c}$; daher der ganze Fluente von $\frac{\dot{x}}{\sqrt{b^{n+1} - x^{n+1}}}$ zum ganzen Fluenten von $\frac{\dot{y}}{\sqrt{c^{n+1} - y^{n+1}}}$ sein wird wie $\frac{b}{b^{\frac{n+1}{2}}}$ zu $\frac{c}{c^{\frac{n+1}{2}}}$, oder wie $b^{\frac{1-n}{2}}$ zu $c^{\frac{1-n}{2}}$. Es ist nicht nöthig die beständigen Größen der Fluenten der Fluxionen $\frac{-\dot{x}}{\sqrt{b^{n+1} - x^{n+1}}}$, $\frac{-\dot{y}}{\sqrt{c^{n+1} - y^{n+1}}}$ beizufügen, weil, wenn die ganzen Fluenten genommen werden, sie genau in dem nämlichen Verhältnisse sind, ob die beständigen Größen (oder die Korrektionen, wie sie zuweilen genannt werden) zugesetzt, oder ausgelassen werden.

*) Zufolge dieses allgemeinen Ausdrucks sieht man, daß wenn n = 1 d. i. wenn die elastische Kraft der Feder in dem genauen Verhältnisse der Angular-Distanzen der Unruhe von

Um diesen Satz anzuwenden, wollen wir einen Fall annehmen; es soll eine Uhr nach der mittlern Zeit regulirt werden, wenn der halbe Bogen der Vibration $135^\circ$ ist, und es werde dieser halbe Bogen um $8^\circ$ vermindert, so daß er $127^\circ$ wird; es weiche das Verhältniß der elastischen Kraft der Feder von demjenigen der Distanzen von der ruhenden Lage um einen kleinen Unterschied von $\frac{1}{1000}$ Theil ab, so daß die Kraft der Feder in $\frac{999}{1000}$ Potenz der Distanzen ist, anstatt in dem ganzen Verhältnisse der

erwähn-

von der ruhenden Lage abweicht, die Abweichung in dem täglichen Gange zufolge einer Verminderung des Bogens der Vibration ist $= 0$; weil in diesem Falle $\overline{\frac{BO}{IO}}\Big|^{\frac{1-n}{2}} = 1$, und $\overline{\frac{BO}{IO}}\Big|^{\frac{1-n}{2}} - 1 = 0$. Ist n weniger als 1, oder wenn die Kraft in einem geringern Verhältnisse als in demjenigen der Distanzen von der Ruhe abweicht, so wird der Gang beschleuniget, weil in diesem Falle $\overline{\frac{BO}{IO}}\Big|^{\frac{1-n}{2}}$ größer ist als 1; und $\overline{\frac{BO}{IO}}\Big|^{\frac{1-n}{2}} - 1$ wird eine positive Größe sein; allein ist n größer als 1, oder wenn die Kraft in einem größern Verhältnisse als in denjenigen der Distanzen von der Ruhe abändert, so wird der Gang verzögert, weil in diesem Falle $\overline{\frac{BO}{IO}}\Big|^{\frac{1-n}{2}}$ geringer sein wird als 1, und $\overline{\frac{BO}{IO}}\Big|^{\frac{1-n}{2}} - 1$ wird negativ. Die Umkehrung dieser Sätze wird gleichfalls von dem allgemeinen Lehrsatze hergeleitet.

Wenn daher bei Beobachtung des Ganges eines Zeitmessers gefunden wird, daß eine Verminderung des Bogens der Vibration der Unruhe eine Beschleunigung des täglichen Ganges verursacht, so läßt sich folgern, daß die elastische Kraft der Federn in diesem Falle in einem geringern Verhältnisse abweicht als in demjenigen der Distanzen von der ruhenden Lage. Auf gleiche Art, wenn eine Verminderung des Bogens der Vibration einen spätern Gang erzeugt, so ist gewiß, daß die elastische Kraft der Feder in einem größern Verhältnisse als in demjenigen der Distanzen von der Ruhe abweicht. Es scheint in der That nach einigen Versuchen, daß die Schweren, welche mit der elastischen Kraft einer Spiralfeder das Gleichgewichte machen, wenn sie zu verschiedenen Distanzen von der ruhenden Lage aufgewunden wird, in dem Verhältnisse dieser Distanzen sind; allein es zeigt sich vermöge dieses Satzes und der beigefügten Tafel, daß die Differenzen zwischen den Schweren, wodurch das Verhältniß der Distanzen, und ein Verhältniß etwas kleiner angegeben wird, ob es schon aus dem Versuche zur Entdeckung zu klein ist, hinreichend sind, um eine wesentliche Abweichung in dem täglichen Gange zu bewirken.

erwähnten Distanzen von der ruhenden Lage. Die Abweichung in dem täglichen Gange der Uhr wird von dem vorhergehenden Lehrsatze erhalten, wenn man folgendes dafür annimmt.

$BO = 135°$, $IO = 127°$, $n = \frac{999}{1000}$: die Abweichung des täglichen Ganges ist also $= 24$ St. x $\left.\frac{135}{127}\right|^{\frac{1}{1000}} - 1 = + 2'', 62$.

Man sieht hieraus, daß eine sehr geringe Veränderung in dem Gesetze der Abweichung der Kraft, die nicht mehr als $\frac{1}{1000}$ Theil des ganzen Verhältnisses der Distanzen beträgt, eine Beschleunigung in dem täglichen Gange von mehr als $2 \frac{1''}{2}$ verursacht, wenn die Verminderung des halben Bogens der Vibration $8°$ ist. Es kann daher von einigem Vortheile sein zu untersuchen, welches die Differenzen der Schwere sind, die bei Versuchen beobachtet werden müssen, von denen das Gesetz der elastischen Kraft der Feder hergeleitet wird; erstlich angenommen, daß das Gesetz das genaue Verhältniß der Distanzen von der ruhenden Lage sei; und zweitens daß das Gesetz der Kraft von diesem Verhältnisse um einen geringen Unterschied von $\frac{1}{1000}$ abweiche, so daß die $\frac{999}{1000}$ Potenz der Distanzen von der ruhenden Lage wird; von dem Resultate läßt sich sodann folgern, wie weit man sich auf Versuche verlassen könne, um das genaue Gesetz zu berichtigen, nach welchem die elastische Kraft einer Feder abweicht.

| Werthe von x | Werthe von P = 9 Gr. $\times \frac{x^\circ}{90^\circ}$ | Werthe von P = 9 Gr. $\times \frac{x^\circ}{90^\circ}\Big\vert^{\frac{999}{1000}}$ |
|---|---|---|
| Angular-Distanzen von der ruhenden Lage, wenn die elastische Kraft der Feder durch die Gewichte in der zweiten und dritten Kolonne ins Gleichgewicht gesetzt wird. | Gewichte P in Granen, die mit der elastischen Kraft der Feder im Gleichgewichte stehen, unter verschiedenen Distanzen von der ruhenden Lage in der 1 Kolonne aufgewunden, wenn die Kraft in dem genauen Verhältnisse der Angular-Distanzen von dem ruhenden Punkte abweicht. | Gewichte P in Granen, die mit der elastischen Kraft der Feder im Gleichgewichte stehen, zu verschiedenen Distanzen von der Ruhe in der 1 Kolonne aufgewunden, wenn die Kraft in $\frac{999}{1000}$ Potenz der Distanzen von dem ruhenden Punkte abweicht *) |
| | Grane. | Grane. |
| 10° | 1 | 1. 002199 |
| 20° | 2 | 2. 003010 |
| 30° | 3 | 3. 003298 |
| 40° | 4 | 4. 003245 |
| 50° | 5 | 5. 002940 |
| 60° | 6 | 6. 002433 |
| 70° | 7 | 7. 001759 |
| 80° | 8 | 8. 000942 |
| 90° | 9 | 9. 000000 |

Die Differenzen der Gewichte in der zweiten und dritten Kolonne dieser Tafel sind offenbar zu klein, als daß sie aus Versuchen beobachtet werden könnten, und doch beträgt ihre Wirkung auf den täglichen Gang eines Zeitmessers eine Größe, die schon merk-

*) Ich merke hier noch an, daß die Differenzen der Gewichte in der zweiten und dritten Kolonne der Tafel erstlich wachsen, und nachher abnehmen, ihre Differenz ist die größte wenn die Größe $9 \times \frac{x}{90}\Big\vert^{\frac{999}{1000}} - \frac{9\ x}{90}$ ein Maximum ist, oder wenn $x = 90° \times \frac{999}{1000}\Big\vert^{1000}$, d. i. wenn $x = 33° 5^{I} 33^{II}$.

merklich wird. Diese Wirkung auf den Gang dürfte wahrscheinlich täglich bis zu 20 oder 30 Sekunden vermehrt werden, und doch könnten die korrespondirenden Differenzen der Gewichte, so wie sie von der Abweichung der Kraft der Feder von dem Gesetze des Isochronismus entstehen, zu klein sein, um vermittelst irgend eines statischen Gegengewichts der Kräfte der Feder merklich zu werden; so wie es denn noch weniger möglich werden dürfte, diese Differenzen der Gewichte mit derjenigen Genauigkeit zu messen, als zu Bestimmung des Gesetzes erforderlich ist, welches vermöge der Kräfte der Feder beobachtet wird. Auf Versuche dieser Art zur praktischen Bestimmung der isochronischen Eigenschaft der Spiralfedern sollte man sich daher nicht schlechterdings verlassen, ob wir schon diese Eigenschaft allerdings in der Theorie annehmen müssen, wenn die Kräfte der Elasticität unter besondern Angular-Distanzen von der ruhenden Lage in dem genauen Verhältnisse dieser Distanzen sind. Das hier angeführte isochronische Gesetz der Veränderung kann ganz eigentlich bei theoretischen Untersuchungen angenommen werden, und eigene Korrektionen oder Aequationen, wenn sie erforderlich sind, können sodann angewendet werden, um die Abweichung von diesem Gesetze zu ersetzen, welches sich in irgend einer besondern Spiralfeder finden kann, in so fern es hinreichend innerhalb bekannte Gränzen berichtiget oder zurückgesetzt werden kann, welches auf solche Art des Uebertragens geschehen kann, als die Beschaffenheit des Falls es nöthig macht. Diese Annahme wird von der Betrachtung weniger Ausnahme zu machen scheinen, daß die elastischen Kräfte der Spiralfedern, welche nicht isochronisch sind, von dem gegebenen Gesetze der Abweichung in einigen Fällen durch Ueberschuß, in andern durch Mangel abgehen; ein anderes Gesetz giebt weder Theorie noch Erfahrung, welche insgemein mit der Wirkung der Unruhfedern übereinkommt.

Die Vibration einer Unruhe, welche blos von einer einzelen Spiralfeder getrieben wird, ist der Gegenstand der vorhergehenden Untersuchungen gewesen; allein es kommen Fälle vor, wo zwei oder mehr Federn angewendet werden, um den Unruhen an Taschenuhren die Vibrations-Bewegung mitzutheilen. Ich will ehemaliger Beispiele nicht erwähnen, nachdem Herr Mudge, einer der größten gegenwärtigen Uhrmacher, ein Verfahren gefunden hat, die Wirkung von Spiralfedern zu verbinden, um die Unruhe im gleichen halben Bogen der Vibration nach einem Grundsatze in Bewegung zu setzen, der sowohl wegen seiner Neuheit, als wegen des Sinnreichen der Einrichtung merkwürdig ist. Die Betrachtung dieses beigängigen Falles wird daher für gegenwärtigen Gegenstand nicht befremdend sein, besonders da sie einen Beitrag liefert, einige Umstände in Rücksicht der Wirkung der Federn auf die Vibrationen der Unruhen in ein helleres Licht zu setzen, welche beim ersten Anblick nicht ganz so deutlich sein dürften.

Man lasse also zwei Spiralfedern angewendet werden, welche auf eine Unruhe einer Taschenuhr in der nämlichen Richtung wirken; wenn die zwei Federn bei ihrem Aufwinden, indem sie der Unruhe die Bewegung mittheilen, zu einerlei Punkte der Ruhe kommen, oder mit andern Worten, wenn die beschleunigenden Kräfte beider Federn in der Mitte der Vibration aufhören, wie auch die relative Stärke der zwei Federn beschaffen sein dürfte, so werden sie auf die Unruhe genau auf die nämliche Art wirken, als ob blos eine Feder angewendet worden wäre, die mit beiden eine gleiche Stärke besäße (die Federn werden hier in Rücksicht des Gesetzes der elastischen Kräfte und der Anspannungen als ähnlich angenommen). Wenn aber die Punkte der Ruhe der zwei Federn nicht mit einander überein treffen, d. i. wenn die eine Feder fortfährt auf die Unruhe in ihrer Vibration zu wirken, nachdem die Wirkung der andern Feder aufgehört hat, so muß die Zeit einer halben Vibration nach einer eigenen Untersuchung erhalten werden.

Es sei der Umkreis einer Unruhe Fig. 5. vermöge der Wirkung einer Spiralfeder durch den halben Bogen der Vibration B O in Bewegung gesetzt, indem die Kräfte dieser Feder stets im Verhältnisse mit den Angular-Distanzen von dem Punkte der Ruhe O sind; eine zweite oder Hülfsfeder wirke gleichfalls auf die Unruhe von dem Ende des halben Bogens B bis zum Punkte Q, bei welchem alle Beschleunigung der Hülfsfeder alsdenn aufhört, und die Kräfte der Hülfsfeder verändern sich, wie die Angular-Distanzen von dem Punkte der Ruhe Q. Man nehme an, daß die beschleunigende Kraft der Haupt- oder Unruhfeder auf den Umkreis der Unruhe in der Distanz von der Ruhe O D sei $= f$, nehme $Q\,d = O\,D$, und lasse die beschleunigende Kraft der Unruhfeder auf den Umkreis der Unruhe zu derjenigen der Hülfsfeder, wenn beide Federn bis zu einerlei Winkel $O\,C\,D = Q\,C\,d$ aufgewunden werden, in dem Verhältnisse wie 1 zu n sein; so wird alsdenn die beschleunigende Kraft der Hülfsfeder unter der Angular-Distanz von der Ruhe Q d sein $= n\,f$; es sei $B\,O = b$, $B\,Q = c$, $Q\,O = d = b - c$; auch sei $O\,D$ oder $Q\,d = a$.

Man nehme an, die Unruhe habe den Bogen B H vermöge der vereinigten Wirkung beider Federn beschrieben, und der Bogen B H werde durch x ausgedrückt. Nun ist alsdenn, weil die beschleunigende Kraft der Haupt- oder Unruhfeder unter der Angular-Distanz von der Ruhe $O\,D = a$ ist $f$, die beschleunigende Kraft der nämlichen Feder in der Distanz $O\,H = \frac{f \times \overline{b - x}}{a}$; und da die Kraft der Hülfsfeder unter der Angular-Distanz von der Ruhe $Q\,d = a$ ist $n\,f$, so wird die beschleunigende Kraft dieser Feder unter der Angular-Distanz von der Ruhe Q H sein $= \frac{n\,f \times \overline{c - x}}{a}$;

daher

daher denn die vereinigte Kraft beider Federn, um auf den Umkreis unter der Distanz O H von dem Punkte der Ruhe O zu wirken, d. i. wenn die Unruhe den Bogen B H beschrieben hat, sein wird $= \frac{f}{a} \times \overline{b - x + cn - nx}$. Es sei u der Raum, durch welchen ein Körper frei von der Ruhe durch Beschleunigung der Schwere fällt, um die Geschwindigkeit des Umkreises zu erhalten, wenn er den Bogen B H beschrieben hat; dieses giebt folgende Gleichung:

$$u = \frac{f}{a} \times \overline{b\dot{x} - x\dot{x} + cn\dot{x} - nx\dot{x}}; \text{ und}$$

$$u = \frac{f}{2a} \times \overline{2bx - x^2 + 2cnx - nx^2};$$ und wenn $l = 193$ Zoll, so ist die Geschwindigkeit des Umkreises, wenn der Bogen B H ist beschrieben worden, $= \sqrt{\frac{2lf}{a}} \times \sqrt{2bx - x^2 + 2cnx - nx^2}$. Es stelle t die Zeit vor, in welcher die Unruhe den Bogen B H beschreibt; so ist alsdenn $\dot{t} = \sqrt{\frac{a}{2lf}} \times \frac{\dot{x}}{\sqrt{2bx - x^2 + 2cnx - nx^2}}$ und der Fluente oder $t = \sqrt{\frac{2a}{lf \times \overline{n+1}}} \times$ in einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{x \times \overline{n+1}}{2b + 2nc}}$ zum Radius $= 1$, welches die Zeit zu Beschreibung des Bogens B H ist. Wenn $x = c$, so ist die Zeit zu Beschreibung des Bogens Q B $\sqrt{\frac{2a}{lf \times \overline{n+1}}} \times$ in einen Zirkelbogen, dessen Sinus $= \sqrt{\frac{c \times \overline{n+1}}{2b + 2nc}}$.

Nunmehr ist noch die Zeit zu Beschreibung des übrigen Theils des halben Bogens Q O Fig. 5. zu bestimmen. In den Fällen, worauf diese Untersuchung angewendet wird, hört die Hülfsfeder ganz auf, auf die Unruhe zu wirken, nachdem sie den Bogen B Q beschrieben hat. Dies gesetzt, indeß die Unruhe den übrigen Bogen der halben Vibration Q O beschreibt, so wird sie blos von der Unruhfeder getrieben. Um die Zeit zu

zu Beschreibung des Bogens Q O zu bestimmen, muß man zuerst bedenken, daß wenn der Umkreis den Bogen B Q beschrieben hat, er eine Geschwindigkeit erlangt haben wird, die gleich derjenigen eines Körpers ist, welcher aus der Ruhe vermöge der Beschleunigung der Schwere durch den Raum *) $= \frac{f}{2a} \times \overline{2bc - c^2 + nc^2}$ gefallen ist.

Man nehme an, die Unruhe sei durch den Bogen R Q Fig. 5. gegangen, und es sei O R $= x$; so ist die Kraft, wodurch der Umkreis bei R beschleuniget wird, $= \frac{fx}{a}$; und wenn u der Raum ist, durch welchen ein Körper frei aus der Ruhe vermöge der Beschleunigung der Schwere fällt, um die Geschwindigkeit des Umkreises in dem Punkte R zu erhalten, so ist $u = \frac{-fx\dot{x}}{a}$; indem man die Fluenten so nimmt, daß u wird $= \frac{f}{2a} \times \overline{2bc - c^2 + nc^2}$ wenn $x = d$, $u = \frac{f}{2a} \times \overline{2bc - c^2 + nc^2 + d^2 - x^2}$; oder weil $d^2 = b^2 - 2bc + c^2$; $u = \frac{f}{a2} \times \overline{b^2 + nc^2 - x^2}$; und die Geschwindigkeit des Umkreises bei R Fig. 5. $= \sqrt{\frac{2lf}{a}} \times \sqrt{b^2 + nc^2 - x^2}$; es sei t die Zeit zu Beschreibung von QR; so ist alsdenn $\dot{t} = \sqrt{\frac{a}{2lf}} \times \frac{\dot{x}}{\sqrt{b^2 + nc^2 - x^2}}$, und $t = \sqrt{\frac{a}{2lf}} \times$ in einen Zirkelbogen, dessen Kosinus ist $\frac{x}{\sqrt{b^2 + nc^2}}$ zum Radius $= 1$, welcher sein sollte $= 0$, wenn $x = d$; daher t oder die Zeit zu Beschrei-

bung

*) Wenn der Umkreis den Bogen B H $= x$ beschrieben hat, so wird er eine Geschwindigkeit gleich derjenigen eines Körpers erhalten haben, welcher frei aus der Ruhe vermöge der Beschleunigung der Schwere durch einen Raum $= \frac{f}{2a} \times \overline{2bx - x^2 + 2cnx - nx^2}$ gefallen, wie man vermöge der vorhergehenden Untersuchung sieht; und wenn $x = c$, so wird dieser Raum $= \frac{f}{2a} \times \overline{2bc - c^2 + 2c^2n - nc^2} = \frac{f}{2a} \times \overline{2bc - c^2 + nc^2}$.

bung von $QR = \sqrt{\frac{a}{2lf}}$ × in einen Zirkelbogen, dessen Kosinus ist $\frac{x}{\sqrt{b^2 + nc^2}}$ $- \sqrt{\frac{a}{2lf}}$ × in einen Zirkelbogen, dessen Kosinus ist $\frac{d}{\sqrt{b^2 + nc^2}}$; und wenn $x =$ o, d. i. wenn der ganze Bogen QO beschrieben worden ist, so ist die Zeit $t = \sqrt{\frac{a}{2lf}}$ × in einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\frac{d}{\sqrt{b^2 + nc^2}}$.

Das Resultat dieser Untersuchung ist, daß die Zeit, in welcher die Unruhe den halben Bogen BO beschreibt, vermöge der vereinigten Wirkung beider Federn durch den Bogen BQ, und vermöge der Wirkung der Unruhfeder allein durch den Bogen QO, ist $= \sqrt{\frac{2a}{lf \times \overline{n+1}}}$ × ein Bogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{c \times \overline{n+1}}{2b + 2nc}} + \sqrt{\frac{a}{2lf}}$ × ein Bogen, dessen Sinus ist $\frac{d}{\sqrt{b^2 + nc^2}}$ (zum Radius = 1) ausgedrückt in Theilen einer Sekunde *).

Diese

*) Wenn $n = 0$, so wird dieser Ausdruck $\sqrt{\frac{a}{2lf}}$ × zweimal ein Bogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{c}{2b}}$ + ein Bogen, dessen Sinus ist $\frac{d}{b}$; allein da $c = b - d$, so werden die zwei hier erwähnten Bogen genau sein $= 90° = \frac{p}{2}$; und die Zet einer halben Vibration $= \sqrt{\frac{a}{2lf}} \times \frac{p}{2} = \sqrt{\frac{ap^2}{8fl}}$, übereinstimmend mit der vorhergehenden Auflösung. Angenommen $d = 0$; da in diesem Falle $b = c$, so wird die Zeit einer halben Vibration $\sqrt{\frac{2a}{lf \times \overline{n+1}}}$ × ein Bogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{b}{2b}}$, welcher Bogen ist $= 45°$ oder $\frac{p}{4}$; daher die Zeit der halben Vibration in diesem Falle $= \sqrt{\frac{ap^2}{8lf \times \overline{n+1}}}$, welches der wahre Werth ist, zufolge der obigen Auflösungen.

Wenn

Diese Auflösung bezieht sich auf denjenigen Fall, in welchem der Punkt der Ruhe Q Fig. 5. der Hülfsfeder in den ersten halben Bogen der Vibration gesetzt wird, d. i. zwischen B und O. Noch ist aber ein andrer Fall zu bedenken übrig, nämlich wenn der Punkt der Ruhe Q der Hülfsfeder von O durch die gegebene Angular-Distanz O Q abweicht, und in den letztern halben Bogen der Vibration Fig. 6. zwischen O und E anstatt zwischen O und B, wie in der vorigen Auflösung, gelegt wird. Zufolge dieser Bedingung, wenn man macht B Q = c, B O = b, und die andre Bestimmung wie vorher bleibt, so sieht man vermöge einer Untersuchung, die von der vorigen keineswegs verschieden wäre, daß die Zeit, in welcher die Unruhe den halben Bogen B O beschreibt, sein wird $t = \sqrt{\frac{2a}{lf \times \overline{n+1}}}$ × in einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{b \times \overline{n+1}}{2b + 2nc}}$ in Theilen einer Sekunde ausgedrückt.

Dieses Resultat drückt die Zeit aus, in welcher die Unruhe den halben Bogen B O Fig. 6. vermöge der beschleunigenden Kraft der zwei Federn beschreibt, nämlich der Unruhfeder, deren Punkt der Ruhe O ist, und einer Hülfsfeder, deren Punkt der Ruhe Q ist. Bei näherer Betrachtung dieses Falls, wenn er auf wirkliche Vibrationen einer Unruhe angewendet wird, sieht man deutlich, daß die Wirkung einer dritten Feder auf die Unruhe, während dem sie den halben Bogen B O beschreibt, mit in Rechnung genommen werden müsse, und als ein Zusatz der zwei bereits erwähnten Federn anzusehen ist, um eine völlig übereinstimmende Auflösung mit den Umständen des Falles zu erhalten, wenn die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern in den letztern halben Bögen der Vibrationen gelegen sind.

Um

Wenn die Punkte der Ruhe in dem ersten halben Bogen der Vibration sind, und c = 0, so wird der Punkt B mit Q Fig. 5. zusammenfallen, von welchem Punkte dann die Vibration anfangen wird; in diesem Falle wird der Ausdruck der Zeit für eine halbe Vibration werden $t = \sqrt{\frac{a}{2lf}}$ × einen Bogen, dessen Sinus ist $\frac{d}{b}$, oder ein Bogen von 90° $= \frac{p}{2}$, oder $t = \sqrt{\frac{a\,p^2}{8lf}}$, welches ganz mit der obigen Auflösung überein trift; denn in diesem Falle wird, wenn die Hülfsfeder auf die Unruhe nicht wirkt, während dem sie den Bogen Q O N beschreibt, die Unruhe vermöge der Kraft der Unruhfedern allein vibriren; deren Kraft in der Entfernung a oder 90° ist = f, und folglich vermöge des obigen untersuchten Lehrsatzes ist die Zeit einer halben Vibration $\sqrt{\frac{a\,p^2}{8lf}}$ die nämliche, als sie nach dem allgemeinen Ausdrucke hergeleitet wird.

Um dies deutlicher zu bestimmen, muß man bemerken, daß wenn die Punkte der Ruhe, der Unruhe und der Hülfsfedern übereintreffen, die Hülfsfeder, welche ihre Wirkung vor dem Ende B des Bogens B O Fig. 7. anfängt, fortfährt auf die Unruhe zu wirken, bis sie zur ruhenden Lage O kommt, bei welchem Punkte die Wirkung der Hülfsfeder ganz aufhört; dieserwegen ist es denn offenbar, daß eine andre Hülfsfeder, der erstern gleich und ähnlich, und welche gleichfalls den Punkt der Ruhe mit O zusammentreffend hat, angewendet werden müsse, um durch Verzögerung auf die Unruhe zu wirken, indeß sie den Bogen O E beschreibt, damit die Zeiten zu Beschreibung der Bögen B O und O E, sowohl als jener Bögen selbst, gleich sein können. Zufolge dieser Einrichtung der Hülfsfedern wird daher die Unruhe jeden halben Bogen ihrer Vibrationen genau auf die nämliche Art beschreiben, als ob sie nur allein von einer Spiralfeder in Bewegung gesetzt worden, deren Stärke derjenigen der Unruhe und jeder Hülfsfeder gleich ist, wenn sie die nämliche Spannung erhalten. Man nehme an, die Unruhe vibrire von B bis E, und wegen des Unterschieds heiße die Hülfsfeder, welche die Unruhe von dem Ende des Bogens B in der Richtung B O in Bewegung setzt, u; und die andre Hülfsfeder *), welche die Unruhe in dem halben Bogen O E verzögert, heiße v, so wird denn, wenn die Unruhe in der entgegengesetzten Richtung von E bis B vibrirt, die Hülfsfeder v die Unruhe von E bis O treiben, und die andre Hülfsfeder u wird sie von O bis B verzögern. In Rücksicht der Feder u also ist B O der erste halbe Bogen und O E der letztere halbe Bogen der Vibration; und nach einem ähnlichen Grundsatze ist in Rücksicht der Feder v, E O der erste halbe Bogen, und O B der letztere halbe Bogen der Vibration.

In dem Vorhergehenden ist die Zeit untersucht worden, in welcher eine Unruhe in dem halben Bogen B O Fig. 5 vibrirt, wenn der Punkt der Ruhe Q der Hülfsfeder u zwischen B und O liegt, d. i. in dem ersten halben Bogen der Vibration. In diesem Falle muß, damit die Zeit zu Beschreibung des letztern halben Bogens O E durch Verzögerung gleich sei derjenigen zu Beschreibung des erstern halben Bogens B O durch beschleunigte Bewegung, der ruhende Punkt der Hülfsfeder v bei N zwischen O und E gesetzt werden, so daß E N gleich sein könne B Q; zufolge dieser Einrichtung der Hülfsfedern wird der Punkt der Ruhe Q der Hülfsfeder u in dem ersten halben Bogen der Vibration sein, wenn man nimmt, daß die Unruhe von B gegen E vibrirt; und der Punkt der Ruhe N der Hülfsfeder v wird in dem ersten halben Bogen der Vibration sein, wenn die Unruhe von E gegen B vibrirt.

N 2 Der

*) Die Zirkelbögen, welche innerhalb dem Umkreise der Unruhe Fig. 5. 6. und 7. gezogen werden, haben zur Absicht, diejenigen Theile der Vibration der Unruhe vorzustellen, in welche jede Hülfsfeder wirkt.

Der dritte Fall, welcher noch untersucht werden muß, ist, wenn die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern in den leztern halben Bögen der jedesmaligen Vibrationen liegen; d. i. wenn der ruhende Punkt Q der Hülfsfeder u in dem leztern Bogen O E Fig. 6. liegt, während dem die Unruhe von B gegen E vibrirt, und der Punkt der Ruhe N der Hülfsfeder v in dem leztern Bogen O B liegt, indeß die Unruhe von E bis B vibrirt. In diesem Falle sieht man, daß während dem die Unruhe von B gegen O vibrirt, sie den Bogen B N durch die Wirkung der zwei Federn beschreibt; nämlich die Unruhfeder, deren Punkt der Ruhe O ist, und die Hülfsfeder u, deren Punkt der Ruhe Q ist. Die Unruhe beschreibt den Bogen N O durch die vereinigte Wirkung dreier Federn; nämlich vermittelst derjenigen der Unruhfeder, deren Punkt der Ruhe O ist, derjenigen der Hülfsfeder u, deren Punkt der Ruhe Q ist, welche beide auf die Unruhe wirken, und derjenigen der Hülfsfeder v, deren Punkt der Ruhe N ist, und auf Verzögerung der Unruhe wirkt.

Die Zeit, in welcher die Unruhe den halben Bogen B O vermöge der vereinigten Wirkung dieser drei Federn beschreibt, wird durch folgende Untersuchung erhalten.

Man nehme die obige Bestimmung, und es sei D O Fig. 6. $= a = Q\,d = N\,e$, $B\,O = b$, $B\,Q = c$, $O\,Q = O\,N = d = c - b$. Die beschleunigende Kraft der Unruhfeder auf den Umkreis der Unruhe unter der Spannung $O\,D = f$; die beschleunigende Kraft der Hülfsfedern unter der nämlichen Spannung Q d oder $N\,e = n\,f$. Nach oben sieht man, daß die Zeit, in welcher die Unruhe den Bogen B N vermöge der vereinigten Wirkung der Unruhfeder und der Hülfsfeder u beschreibt $= \sqrt{\frac{2\,a}{1\,f \times \overline{n + 1}}} \times$ — in einen Zirkelbogen sei, dessen Sinus $= \sqrt{\frac{\overline{b - d} \times \overline{n + 1}}{2\,b + 2\,n\,c}}$ ist; und die vermöge des Umkreises bei N erlangte Geschwindigkeit ist gleich derjenigen eines Körpers, welcher frei aus der Ruhe vermittelst Beschleunigung der Schwere durch einen Raum *) $= \frac{f}{2\,a} \times \overline{b^2 - d^2 + n\,b^2 - 3\,n\,d^2 + 2\,n\,b\,d}$ gefallen ist. Um die Zeit zu Beschreibung des Bogens N O

*) In der vorhergehenden Untersuchung ist gezeigt worden, daß wenn die Unruhe den Bogen $B\,H = x$ beschrieben hat, der Raum, wodurch ein Körper frei aus der Ruhe fallen müsse, um die Geschwindigkeit des Umkreises am Punkte H, oder u zu erhalten, $= \frac{f}{2\,a} \times \overline{2\,b\,x - x^2 + 2\,c\,n\,x - n\,x^2}$, wo der Ausdruck der nämliche ist,

ob

N O zu finden, nehme man an, daß die Unruhe in ihrer Vibration von N gegen R Fig. 6. fortgefahren, und mache $NR = x$.

Die beschleunigende Kraft der Unruhfeder auf den Umkreis der Unruhe am Punkte R ist — — — — — $+ \frac{f}{a} \times \overline{d - x}$.

Die beschleunigende Kraft der Hülfsfeder u unter der Spannung oder dem Abstande von der Ruhe $Qd = a$ sei $nf$, so ist die Kraft der nämlichen Feder unter der Spannung oder dem Abstande $QR = 2d - x$ — — — — $+ \frac{nf}{a} \times \overline{2d - x}$.

Die Kraft der Hülfsfeder v unter der Spannung $Ne = a$ sei $nf$ unter der Spannung NR, so wird die Kraft dieser Feder, welche durch Verweilen wirkt, sein — — — $\frac{nf}{a} \times x$.

Summe der Kräfte, welche auf den Umkreis der Unruhe wirken, nach Beschreibung des Bogens $NR = \frac{f}{a} \times \overline{d - x + 2dn - 2nx}$.

Es sei u der Raum, durch welchen ein Körper frei aus der Ruhe durch Beschleunigung der Schwere fällt, um die Geschwindigkeit des Umkreises bei R zu erlangen; die Grundsätze der Beschleunigung geben diese Gleichung: $u = \frac{f}{a} \times \overline{d\dot{x} - x\dot{x} + 2dn\dot{x} - 2n\dot{x}x}$; und nimmt man die Fluenten, so daß wenn $x = o$, u sein kann $= \frac{f}{2a} \times \overline{b^2 - d^2 + nb^2 - 3nd^2 + 2nbd}$; $u = \frac{f}{2a} \times \overline{b^2 - d^2 + nb^2 - 3nd^2 + 2nbd + 2d + 4nd \times x - \overline{1 + 2n} \times x^2}$; wenn t gesetzt wird, die



ob der Punkt Q auf der einen Seite von O oder auf der andern sei, vorausgesetzt $BQ = c$. In dem gegenwärtigen Falle $c = b + d$, und wenn der Umkreis den Bogen B N beschrieben hat, $x = b - d$; daher denn wenn $b + d$ für c angenommen wird, und $b - d$ statt x in der Gleichung, so ist $u = \frac{f}{2a} \times \overline{2bx - x^2 + 2cnx - nx^2}$, das Resultat wird sein $u = \frac{f}{2a} \times \overline{b^2 - d^2 + nb^2 - 3nd^2 + nbd}$.

die Zeit zu Beschreibung des Bogens N R vorzustellen, so ist $t = \sqrt{\frac{a}{2lf}} \times \sqrt{b^2 - d^2 + nb^2 - 3nd^2 + 2nbd + 2d + 4nd \times x - \overline{1 + 2n} \times x^2}$ und nimmt man die Fluenten, so daß $x = o$, $t = o$, und macht $x = d$, die Zeit zu Beschreibung des Bogens N O $= \sqrt{\frac{a}{2lf \times \overline{1 + 2n}}} \times$ einen Zirkelbogen, dessen Sinus $= \sqrt{\frac{d^2 \times \overline{1 + 2n}}{b^2 + n \times b + d^2 - 2nd^2}}$, oder weil $b + d = c$, $t = \sqrt{\frac{a}{2lf \times \overline{1 + 2n}}}$ $\times$ einen Zirkelbogen, dessen Sinus $= \sqrt{\frac{d^2 \times \overline{1 + 2n}}{b^2 + nc^2 - 2nd^2}}$.

Das Resultat ist, daß wenn die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern in den letztern halben Bogen der jedesmaligen Vibrationen liegen, die Zeit, in welcher die Unruhe den halben Bogen BO beschreibt, sein wird $= \sqrt{\frac{2a}{lf \times \overline{n + 1}}} \times$ einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{b - d \times \overline{n + 1}}{2b + 2nc}} + \sqrt{\frac{a}{2lf \times \overline{1 + 2n}}} \times$ einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{d^2 \times \overline{1 + 2n}}{b^2 + nc^2 - 2nd^2}}$. Wenn die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern in den letztern halben Bögen der Vibration sind, und die Vibration fängt von dem Punkte N an, so wird in diesem Falle $d = b$ oder $c = 2d$, und vermöge obiger Auflösung die Zeit einer halben Vibration $\sqrt{\frac{a}{2lf \times \overline{1 + 2n}}} \times$ einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{d^2 \times \overline{1 + 2n}}{d^2 \times \overline{1 + 2n}}}$, oder ein Bogen von $90^\circ = \frac{p}{2}$; daher die Zeit einer halben Vibration $= \sqrt{\frac{a p^2}{8lf \times \overline{1 + 2n}}}$. Wir bemerken daher, daß, es liegen nun die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern in dem ersten oder letzten halben Bogen der Vibration, wenn der halbe Bogen der Vibration sollte sein = der Distanz dieser Punkte von dem Punkte der Ruhe der Unruhfeder, die Zeiten der Vibration die nämlichen sein werden, so groß übrigens auch dieser halbe Bogen sei.

Die Unruhe in dem Zeitmesser des Herrn Mudge beschreibt den halben Bogen B O vermöge der vereinigten Wirkung zweier Federn, d. i. der Unruhfeder *) und einer Hülfsfeder; jede Feder wird durch einerlei Bogen B O aufgewunden, und kommt zu dem nämlichen Punkte der Ruhe O Fig. 7; folglich ist die Wirkung der zwei Federn einerlei mit derjenigen einer einzeln Feder, die gleiche Stärke wie beide hat. In diesem Falle wird die Zeit einer halben Vibration durch den Bogen B O vermöge einer vorhergehenden Auflösung erhalten werden; dann zieht man hieher den obigen Satz, und macht O D = a, und die Kraft der Unruhfeder und Hülfsfeder in der Entfernung von der Ruhe O D = f + n f = F, so ist die Zeit einer halben Vibration $= \sqrt{\frac{a\,p^2}{8\,l\,f \times \overline{n+1}}} = \sqrt{\frac{a\,p^2}{8\,l\,F}}$.

Allein wenn die Punkte der Ruhe, der Unruhe und der Hülfsfedern, anstatt nach dem Grundsatze der Bauart des Herrn Mudge zusammenzutreffen, von dieser Einrichtung vermöge eines kleinen Bogens O Q = O N Fig. 5. und 6. abweichen sollten; so bleibt die Größe, um welche der tägliche Gang des Zeitmessers vermöge dieser Abweichung in der Lage der ruhenden Punkte gestört werden kann, unbekannt, bevor er nicht untersucht worden, indem man die Abweichung der Punkte der Ruhe als eine von den Bedingungen annimmt, wovon die Zeit der Vibration abweicht. Diese Bedingung ist in den vorhergegangenen Untersuchungen enthalten, welche nunmehr auf die Auflösung einiger Fälle angewendet werden kann, und welche die Bauart des Zeitmessers des Herrn Mudge darbietet.

Ich will hier keine eigene und besondere Beschreibung dieser sinnreichen Erfindung in Rücksicht der theoretischen Untersuchung anführen, allein ein Entwurf der Bauart, wovon die Wirkung der verschiedenen Federn abhängt, wird erforderlich sein, um die Anwendung der vorhergegangenen Lehrsätze hinreichend verständlich zu machen.

O N E B Q Taf. III. Fig. 4. ist der Umkreis der Unruhe, welche vermöge der Wirkung einer Spiralfeder an einer Welle C A D H vibrirt, welche durch den Mittelpunkt C geht; die Welle ist von A gegen D gebogen, damit die übrigen Theile des Werks Raum haben. C A und D H sind vermittelst eines Bogens A X Y D verbun-

*) In Herrn Mudge's Zeitmesser wird eine doppelte Spiralfeder für die Unruhe angewendet, allein da diese zwei Federn gleich einer wirken, so werden sie auch als eine solche angesehen.

bunden, welcher an der Welle C A D H befestiget ist, und jederzeit mit der Unruhe an erwähnter Welle vibrirt *).

L M Z W sind zwei Stangen, welche an den Bogen bei den Punkten L und Z parallel mit X Y befestiget sind; diese Stangen vibriren gleichfalls mit der Unruhe. c, d, e, f, g, r, s sind feste Theile der Maschine. T R ist eine Welle in einerlei geraden Linie mit C A D H, und führt einen Arm G O unter rechten Winkeln damit **), oder doch beinahe so, und eine schwache Hülfsfeder u, welche aufgewunden wird, wenn der Arm G O um die Welle T R in der Richtung des Bogens O h sich drehet; p ist ein gekrümmter Lappen, welcher sich an der Welle T R befindet, und welcher den Zahn des Steigerades nahe an der Welle aufnimmt; der Zahn, welcher längs der gekrümmten Oberfläche vermöge der Kraft der Hauptfeder vortritt, dreht die Welle, und den daran befestigten Arm G O in der Richtung des Bogens O h, und windet zu gleicher Zeit die Hülfsfeder u auf. Eine geringe Vorragung am Ende der gekrümmten Oberfläche des Lappen p verhindert den fernern Fortgang des Zahns, wenn der Arm O G durch einen Bogen O h von ohngefähr 27° herumgedrehet worden ist; folglich ist alsdenn die Feder u durch den nämlichen Bogen oder Winkel O G h = 27° aufgewunden worden.

F S ist eine andre Welle in der nämlichen geraden Linie mit C A D H, derjenigen genau ähnlich, die bereits ist beschrieben worden. Die Welle F S führt den Arm I O mit sich; die Hülfsfeder v ist an dieser Welle befestiget, und wird aufgewunden, wenn die Welle in der Richtung des Bogens O k herumgedrehet wird. q ist ein Lappen, welcher dem erstern Lappen p ähnlich ist, und steht so, daß er den Zahn des Steigerades aufnimmt, welcher vermöge dessen Wirkung auf den Lappen die Feder v aufwindet, und den Arm O I durch einen Winkel O I K = 27° führt, indeß die fernere Bewegung vermöge einer kleinen Vorragung am Ende des Lappen q verhindert wird, welche derjenigen gleich ist, deren wir bereits erwähnet haben. l m stellt das Steigrad vor, dessen oberer

*) Das zugelegte Gewicht an der Unruhe bei t befestiget, steht im Gleichgewichte mit der Schwere des Bogens A X Y D, so daß der Mittelpunkt der Schwere des Ganzen in die Axe der Bewegung fällt.

**) In der Maschine sind G O und I O nicht genau unter rechten Winkeln mit T R und F S, allein sie sind in der Figur so angegeben, um die verschiedenen Lagen der Aerme G O und I O deutlicher zu machen.

oberer Zahn auf den Lappen p, und der untere auf den Lappen q wirkt, indeß wechselsweise die Hülfsfedern u und v auf die Art aufgewunden werden, wie im folgenden beschrieben werden soll: die Welle des Steigerades n o ist mit der Linie C O oder G O parallel.

Die verschiedenen Bögen, welche an dem Umkreise der Unruhe angegeben sind, als O Q, O h, O N, O n sind gleich den jedesmaligen Bögen, die durch die nämlichen Buchstaben in dem Umkreise der Zirkel bezeichnet sind, die von dem Ende der Aerme G O und I O beschrieben werden.

Man nehme an, daß wenn die Unruhe ruhend ist, und die Hauptfeder unaufgezogen, der Arm oder Bogen A X Y D in der Fig. 8. vorgestellten Lage sei, wo A X mit C O parallel ist; wenn die ruhenden Punkte der Hülfsfedern mit denjenigen der Unruhfedern zusammentreffen, so wird der Arm G O genau den Stift L M berühren; auf gleiche Art wird auch der Arm I O genau an den Stift W Z treffen; die zwei Aerme G O und I O sind in dieser Lage parallel mit der Linie C O. Diese Lage der Unruhe und der Hülfsfedern bleibt so lange als die Hauptfeder der Maschine unaufgewunden bleibt; allein wenn die Wirkung der Hauptfeder das Steigrad in Bewegung setzt, so wird ein Zahn desselben, welcher auf einen oder den andern Lappen p oder q trift, eine von den Hülfsfedern aufwinden; man nehme an, dies solle die Hülfsfeder u sein: der Arm G O, wenn er in die Lage G h vermöge der Kraft des Steigrades geführt wird, und auf den Lappen p wirkt, bleibt in dieser Lage so lange, als der Zahn des Steigrades vermittelst der Vorragung am Ende des Lappen p angehalten bleibt: und die Unruhe selbst, welche vermöge der Bewegung des Arms G O, noch durch Aufwindung der Feder u in keine Bewegung gesetzt wird, bleibt in ihrer ruhenden Lage; folglich kann keine Vibration Statt finden, ausgenommen durch Beihülfe irgend einer äußerlichen Kraft, welche die Maschine in Bewegung setzt. Man nehme an, daß der Unruhe ein hinreichender Stoß gegeben werde, um sie durch den halben Bogen O B zu führen, welcher nach der Bauart des Herrn Mudge ohngefähr 135° ist *).

Die Unruhe führt während dieser Bewegung den Bogen A X Y D mit sich, so wie die daran befestigten Stifte L M, Z W. Wenn die Unruhe einen Winkel von ohngefähr *) 27° = dem Winkel O C h oder O G h beschrieben hat, so trift der Stift L M auf den Arm G h, und macht, so wie sich die Welle T R und der Lappen p in der Richtung des Bogens O h dreht, den Zahn des Steigrades von der Vorragung am

*) S. unten die Anmerkung.

am Ende des Lappen p frei; das Steigrad wendet sich unmittelbar, und der untere Zahn, welcher auf den Lappen q fällt, windet die Hülfsfeder v auf, und führt den Arm I O unter einer kreisförmigen Bewegung durch den Winkel O I k ohngefähr 27°; in welcher Lage denn der Arm I O so lange bleibt, als der Zahn des Steigrades durch den Lappen q gehalten wird. Während dem nun die Feder v sich durch den Bogen O k aufwindet, beschreibt die Unruhe den übrigen Theil des halben Bogens h B, und während dieser Bewegung führt der Stift L M den Arm G h herum, und läßt ihn einen Winkel h C B oder h G B *) beschreiben, welcher durch den Bogen h B = **) 108° gemessen wird: wenn die Unruhe bis zu Ende des halben Bogens O B = 135° gekommen, so wird die Hülfsfeder u durch den nämlichen Winkel = 135° aufgewunden worden sein, d. i. 27° durch die Kraft der Hauptfeder, welche auf den Lappen p wirkt, und 108° durch die Unruhe selbst, welche mit sich den Arm GO oder Gh führt, indeß er den Bogen h B beschreibt. Die Unruhe also geht durch den Bogen B O vermöge der vereinigten Wirkung der Unruhfeder und der Hülfsfeder u wieder zurück; die Wirkung beider Federn hört den Augenblick auf, als die Unruhe zu dem ruhenden Punkte O kommt; wenn die Unruhe in ihrer Vibration ohngefähr 27° über den Punkt O in die Lage C k gekommen ist, so trift der Stift Z W auf den Arm I k, und indem er ihn vorwärts treibt, so macht er den Zahn des Steigrades von dem Lappen q frei; das Steigrad geht dem zufolge zurück, und der obere Zahn trift auf den Lappen p, und windet die Hülfsfeder u wie vorher auf. Die Unruhe mit dem Bogen fährt fort, den übrigen Halbzirkel k E zu beschreiben, und windet die Feder v durch den fernern Winkel k C E = 108° auf; die Unruhe kehrt durch den halben Bogen E O vermöge der vereinigten Wirkung der Unruhfeder und der Hülfsfeder v zurück, welche beide aufhören, auf die Unruhe zu wirken, so wie sie bis O gelangt ist.

Es

*) Der Winkel h G B ist in der Figur aus Mangel des Raums nicht angegeben, allein man kann sich ihn leicht vorstellen, da er genau dem Winkel h C B gleich ist, wie er an der Unruhe vorgestellt worden.

**) Diese Größe des Bogens h B ist aus folgenden Umständen angeführt worden, wie Herr Mudge sie mitgetheilt hat. „1. Der ganze Bogen der Vibration beträgt ohngefähr $\frac{3}{4}$ eines Zirkels oder 270°, folglich ist der halbe Bogen der Vibration 135°. 2. Die Wirkung der Unruhe, indem sie den Arm O G von h nach B herumführt, windet die Hülfsfeder durch einen ohngefähr viermal größern Winkel auf, als der Winkel O C h, durch welchen sie vermöge der Wirkung des Steigerades auf den Lappen aufgewunden wird.“ Daher wenn O B oder 135° in fünf Theile getheilt werden, so wird einer derselben sein O h = 27°, und die übrigen vier Theile, oder h B = 108°.

Es ist zufolge dieser Bauart zu bemerken, daß keine Kraft oder Antrieb der Unruhe von der Hauptfeder mitgetheilt wird, indeß jedoch die Vibrationen in ihrer gehörigen Länge erhalten werden. Bei fernerer Betrachtung sieht man, daß die unterhaltende Kraft der Maschine, anstatt irgend eine Kraft oder einen Antrieb mitzutheilen, dadurch wirkt, daß ein Theil der Kraft aufgehoben wird, welche die Unruhe verzögert, indeß sie den letztern halben Bogen jeder Vibration beschreibt.

In dem vorhergehenden ist gezeigt worden, daß die Unruhe den halben Bogen von B bis O vermöge der vereinigten Wirkung der zwei Federn beschreibt; nun nehme man einen Augenblick an, daß die Unruhe durch den ganzen Bogen B O E Fig. 8. Taf. IV. und 4 Taf. III. vermöge der vereinigten Wirkung der zwei Federn auf die nämliche Art vibrirte, als ob blos eine Unruhfeder von der nämlichen Stärke angebracht wäre. In diesem Falle würde die Unruhe, welche ihre Vibration beim Ende des Bogens B anfängt, nachdem sie über den halben Bogen B O mit einer beschleunigten Bewegung gegangen, einen gleichen Bogen O E auf der andern Seite von O vermöge einer verzögerten Bewegung beschreiben, vorausgesetzt, daß keine Anreibung oder irgend ein andrer unregelmäßiger Widerstand Statt fände; allein findet ein solcher Widerstand Statt, so verursacht er, daß der letztere halbe Bogen O E, welcher durch eine verzögerte Bewegung beschrieben wird, um irgend einen kleinen Unterschied E S kürzer ausfällt. Es giebt zweierlei Verfahrungsarten, wodurch dieser letztere halbe Bogen seine gehörige Länge O E erhalten kann; entweder durch Mittheilung eines Stoßes gegen die Unruhe von der Hauptfeder, oder indem man einen Theil der Kraft aufhebt, welcher das Aufsteigen der Unruhe verzögert, indeß sie den letztern halben Bogen O E beschreibt. Herr Mudge hat das letztere Verfahren zu Ersetzung der Kraft, welche erforderlich ist, damit die Unruhe in ihrer Bewegung fortfahre, entdeckt, und auf seinen Zeitmesser angewendet. Während dem Fortgange der Unruhe durch den halben Bogen B O wird sie vermöge der vereinigten Wirkung der Unruhfeder und der Hülfsfeder u beschleuniget; allein während dem sie den letztern halben Bogen O E Fig. 8. Taf. III. und 4 Taf. III. beschreibt, wird sie vermöge der vereinigten Wirkungen der Unruhfeder und der Hülfsfedern verzögert, blos während dem sie einen Theil des halben Bogens von k bis E beschreibt, indem die Verzögerung der Hülfsfeder aufgehoben wird, während dem sie die ersten 27° dieses halben Bogens von O bis k beschreibt.

Es ist zufolge der Bauart des Herrn Mudge deutlich, daß die Verminderung der Verzögerung, welche gleichgeltend zum Ersatz der Kraft für die Unruhe ist, stets von gleicher Größe sein müsse, so weit als es auf den Einfluß der Hauptfeder ankommt, vorausgesetzt, daß sie hinreichende Kraft habe, die Hülfsfedern durch den beständigen

 Win-

Winkel O G h = O C k Fig. 4. Taf. III. aufzuwinden; die Wirkungen der Wärme und Kälte auf die Hülfsfedern gehören in die Kompensation, welche in Rücksicht der Wärme und Kälte an die Unruhfeder angebracht ist. Die unterhaltende Kraft also, wodurch die Bewegung der Unruhe fortgesetzt wird, muß stets gleichförmig einerlei sein; dies ist ein Gegenstand, welcher insgemein von wesentlichen Folgen bei dem Baue der Taschenuhren gehalten wird, und ob es schon öfters von großen Künstlern versucht worden ist, so ist dies doch wahrscheinlich in dem ganzen Umfange zuerst allein von Herrn Mudge geschehen.

Diese Bauart besitzt den fernern Vortheil, daß die Unruhe vollkommen von dem Räderwerke der Maschine frei ist; nur allein die Mittheilung *) zwischen der Unruhe und

*) Die genauen Zeiten, in welchen die Unruhe irgend Theile des Bogens der Vibration beschreibt, können vollkommen erhalten werden, wenn man auf den Lehrsatz zurückgeht, der oben untersucht worden ist. Wenn wir den Bogen berichtigen können, welcher von der Unruhe beschrieben wird, während dem der Zahn des Steigrades von der Vorragung des Lappens frei wird, so wird der Theil der Zeit, in welcher die Unruhe mit dem Räderwerke der Maschine verbunden wird, bekannt sein. Vermöge eines Versuchs, welcher an einem sehr genauen Modelle nach der Bauart des Herrn Mudge angestellet worden, fand man, daß die Unruhe einen Bogen von ohngefähr 8° beschrieb, während dem der Zahn sich von dem Lappen frei machte. Da nun die Unruhe 108° ihrer halben Vibration beschreibt, ehe der Lappen eine Bewegung erhält, so wird sie 116° beschrieben haben, ehe der Zahn wieder frei wird, wir können daher die Zeiten finden, in denen die Unruhe verschiedentlich die zwei Bögen 108° und 116° beschreibt: der Unterschied dieser Zeiten wird die Zeit sein, in welcher das Steigrad von dem Lappen frei wird. Vermöge des angezogenen Lehrsatzes ist

| | Th. v. Sek. |
|---|---|
| Die Zeit, in welcher die Unruhe einen Bogen von 116° beschreibt — | 0. 09101. |
| Die Zeit zu Beschreibung eines Bogens von 108° — — — | 0. 08718. |
| Der Unterschied, oder die Zeit, während welcher die Unruhe mit den übrigen Theilen der Maschine verbunden ist — — — — — | 0. 00383 |

welches ohngefähr $\frac{1}{260}$ einer Sekunde mittlerer Zeit beträgt, die Wirkungen der Anreibung nicht mitgerechnet.

Wenn wir daher die Zeit einer halben Vibration in 100 gleiche Theile oder physikalische Augenblicke theilen, so wird während den ersten 91 derselben die Unruhe 108° von dem Ende des Bogens der Vibration bis zur Berührung mit dem Arme beschreiben, wel-

und dem Steigrade findet Statt, während dem der Lappen sich von dem Zahne frei macht; ein Zeitaugenblick, der im praktischen Verstande beinahe ganz Null ist: auch muß ich hier noch bemerken, daß der Druck des Zahns gegen die Vorragung des Lappen vermindert wird, ehe der Zahn frei wird, welches durch die Gegenwirkung des andern Lappen an dem gegenüberstehenden Zahne des Steigrades geschieht; diese Wirkung findet Statt, genau ehe der erst erwähnte Zahn des Steigrades von dem Lappen frei wird; vermöge dieser Verminderung des Drucks wird der Zahn ungleich leichter von der Vorragung des Lappen gehoben. Diese Umstände kommen zusammen, um der Maschine die größte mögliche Bewegung zu geben.

Die vorhergehenden Untersuchungen sind nun zunächst anzuwenden, um zu berichtigen, welche Aenderung des täglichen Ganges zufolge irgend einer Abweichung von dem Zusammentreffen der Punkte der Ruhe der Unruhfeder und der Hülfsfedern Fig. 4. Taf. III. und Fig. 5. und 6. Taf. IV. verursacht wird, und Statt gefunden haben kann, es sei nun durch zufällige Aenderung ihrer Lage, oder eine absichtliche Berichtigung. Diese Untersuchung bietet drei Fälle dar, welche besonders zu betrachten sind; der erste ist, wenn die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern mit dem Punkte der Ruhe der Unruhfeder zusammentreffen. 2. Wenn der Punkt der Ruhe Q der Hülfsfeder u in dem ersten halben Bogen der Vibration, oder zwischen B und O Fig. 5. Taf. IV. und Fig. 4. Taf. III. liegt. 3. Wenn Q in dem letzten halben Bogen der Vibration zwischen E und O Fig. 6. Taf. IV. liegt; die gleiche gleichzeitige Lage ist in Rücksicht der andern Hülfsfeder zu verstehen.

Die Betrachtung dieser Fälle erfordert, daß die beschleunigenden *) Kräfte der Unruhfeder und der Hülfsfedern unter einer gegebenen Spannung bekannt sein müssen. Dieser Punkt wird nicht schwer zu berichtigen sein, wenn das Verhältniß der Kräfte der



welcher mit dem Lappen verbunden ist. Während der vier folgenden Augenblicke wird der Lappen frei, und während der fünf folgenden wird die Unruhe den übrigen Bogen der halben Vibration beschreiben. Solchergestalt sieht man, daß die Unruhe sich frei und ohne Verbindung mit dem Räderwerke der Maschine während 96 Theilen in 100 der Zeit jeder Vibration bewegt.

*) Wenn die beschleunigende Kraft den absoluten Kräften des Antriebs (durch ein Gewicht gemessen und ins Gleichgewicht gesetzt) dividirt durch die bewegte Masse und gleich dem Widerstande der Trägheit, jederzeit verhältnißmäßig ist, indeß die letztere übrig bleibende Größe im Falle einer Vibration der Unruhe einerlei bleibt, so werden die beschleunigenden Kräfte in dem nämlichen Verhältnisse mit den Kräften des Antriebs stehen.

Feder unter einerlei Spannung gegeben ist. Vermöge der Bestimmung des Herrn Mudge sieht man, daß die Kraft einer jeden Hülfsfeder ohngefähr $\frac{1}{20}$ der Kraft der Unruhfeder ist. Nimmt man dieses Verhältniß an, und man läßt die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern mit dem Punkte der Ruhe der Unruhfeder zusammenfallen, und der Radius der Unruhe werde zu einem Zoll angenommen, so wird, nachdem die Uhr in die mittlere Zeit gestellt worden, wenn die Unruhe fünf Vibrationen in einer Sekunde macht, und die Kraft der Schwere ist = 1, die Kraft, welche auf den Umkreis unter einer Angular-Distanz von 90° von dem ruhenden Punkte wirkt, sein = 1.00408926. Diese Kraft wird im gegenwärtigen Augenblicke verbunden mit der Kraft der Unruhfeder und derjenigen der Hülfsfeder, welche angenommen worden, daß sie in dem Verhältnisse wie 20 zu 1 stehen; folglich ist die Kraft der Unruhfeder, um auf den Umkreis unter der Spannung von 90° zu wirken, oder f = — 0.9562754. und die Kraft der Hülfsfeder unter der nämlichen Spannung, oder $\frac{1}{20}$ von f = — — — — — — — — — .0478138.

Die vereinigte Kraft beider Federn, um auf den Umkreis unter der Spannung von 90° zu wirken, oder f + $\frac{1}{20}$ f = — — — — — — — — — — 1.0040892.

Mit *) dieser Kraft vibrirt die Unruhe fünfmal in einer Sekunde, wenn sie auf die mittlere Zeit eingerichtet ist; der tägliche Gang wird daher in diesem Falle sein = 0.

Nun

*) Vermöge der vorhergehenden Untersuchung sieht man, daß wenn F die beschleunigende Kraft an dem Umkreis der Unruhe unter der Angular-Distanz von der Ruhe c°, p = 3.14159 u. f. r = dem Radius der Unruhe in Zollen ausgedrückt, l = 193 Zoll ist, die Zeit einer halben Vibration sein wird = $\sqrt{\frac{p^3\, r\, c^\circ}{8\, l\, F \times 180^\circ}}$.

Im gegenwärtigen Falle ist c° = 90°, r = 1 Zoll, F = f + $\frac{1}{20}$ f, = 1.0040892, daher die Zeit einer halben Vibration = $\sqrt{\frac{p^3\, r\, c^\circ}{8\, l\, F \times 180^\circ}}$ = $\frac{1}{10}$ einer Sekunde genau.

Soll die Unruhe vermöge der Kraft der Hülfsfedern allein vibriren, so ist die Kraft der Beschleunigung auf den Umkreis unter der Distanz von 90° von der Ruhe $\frac{1}{20}$ f = 0.0478135; daher $\frac{1}{20}$ f als F anzunehmen in der Größe $\sqrt{\frac{p^3\, r\, c^\circ}{8\, l\, F \times 180^\circ}}$ indeß die andern Werthe die nämlichen bleiben wie im vorigen Falle, die Zeit einer halben Vibration

Nun sei Q Fig. 5. Taf. IV. und Fig. 4. Taf. III. oder der Punkt der Ruhe der Hülfsfeder abweichend von O, dem Punkte der Ruhe der Unruhfeder, um einen Bogen O Q; man nehme an, dieser Bogen sei $= 1°$; und der Punkt Q liege in dem ersten halben Bogen der Vibration zwischen O und B. Die Zeit zu Beschreibung des halben Bogens B O wird nach diesen Bedingungen berichtiget werden, wenn man auf die vorhergehende Untersuchung Rücksicht nimmt, und folgendes annimmt:

$a = 1.$

tion wird nun sein $\sqrt{\frac{p^3\ r\ c^0}{81 \times \frac{1}{20} f \times 180^0}}$ Th. 1 Sek. $= .45825$; und die Zeit, welche die Uhr in irgend einem Theile mittlerer Zeit t giebt, wird sein $= \frac{t}{4.5825} = t \times .21822.$ Wenn also $t = 1$ Min. oder 60 Sek. Zeit genommen wird, so wird die Zeit, welche von der Uhr in 60 Sek. angegeben wird, sein $= 60. \times .21822 = 13$ Sekunden beinahe.

Dies würde das Resultat sein, wenn die Kräfte der Unruh- und der Hülfsfedern genau in dem Verhältnisse wie 20 zu 1 wären. Herr Mudge erwähnt dieses Verhältnisses blos durch Schätzung, da er kein Verzeichniß von den Versuchen gemacht, um das genaue Verhältniß zu berichtigen.

Wenn daher der wirkliche Gang der Taschenuhr beobachtet werden sollte, als die Unruhe vermöge der Wirkung der Hülfsfedern allein vibrirt, so ist es wahrscheinlich, daß die Zeit, welche die Uhr in 60 Sek. mittlerer Zeit giebt, in etwas von derjenigen abweichen dürfte, welche hier angegeben worden ist.

Seitdem ich diese Bemerkungen niedergesetzt habe, bin ich von Sr. Exz. dem Graf Brühl mit einer Bemerkung beehret worden, welche er in Rücksicht des Ganges des ersten Zeitmessers des Herrn Mudge angestellt, als die Unruhe vermittelst der Wirkung der Hülfsfeder allein vibrirte, und die Unruhfeder weggenommen war. Zufolge dieser Beobachtung, zeigte die Uhr zwölf Minuten vermöge der Bewegung der Hände in einer Stunde mittlere Zeit, welches mit dem Zwischenraume von 12 Sek. Zeit übereinstimmt, als vermittelst der Uhr in 60 Sek. oder 1 Min. mittlerer Zeit angegeben werden. Zufolge der Berechnung giebt die Uhr 13 Sek. Zeit in 1 Min. Eine nähere Uebereinstimmung zwischen der Theorie und der Sache selbst könnte kaum bei einem Versuche erwartet werden.

$a = 1.5707963$ = einen Bogen von 90° zum Radius = 1 *).

$b = 2.3561945$ = einen Bogen von 135°.

$c = 2.3387412$ = einen Bogen von 134°.

$b - c = d = 0.0174533$ = einen Bogen von 1°.

$l = 193$

$f = 0.9562754$.

$n = \frac{1}{20}$.

Nun $\sqrt{\frac{2a}{lf \times \overline{n+1}}}$ × in einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{c \times \overline{n+1}}{2b + 2nc}}$ = Th. 1 Sek. 0.09955070

$\sqrt{\frac{a}{2lf}}$ × in einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{d}{\sqrt{b^2 + nc^2}}}$ = 0.00047174

Zeit einer halben Vibration in dem Bogen BO = — — — — .10002244

Die Zeit nach der Uhr in 24 St. = $\frac{24^0}{1.0002244}$ = 23 St. 59ᴵ 40ᴵᴵ. 60, welches den täglichen Gang um 19ᴵᴵ. 40 zu geringe giebt.

Diese Veränderung des täglichen Ganges wird nicht angesehen, als der Regelmäßigkeit der Uhr hinderlich, da er entweder durch die Vorkehrungen berichtiget wird, wenn die Uhr in die mittlerere Zeit gestellt, oder nach ihrem Gange genommen wird. Ein noch mehr wesentlicher Punkt ist nunmehr noch zu bestimmen; man nehme die Abweichung von O und Q. Fig. 5. Taf. IV. und Fig. 4. Taf. III. daß sie sey OQ = 1°, die nämliche wie im vorigen Falle, man nehme an, der halbe Bogen der Vibration werde von 135° bis 125° vermindert. Wenn die Punkte der Ruhe O und Q übereinstimmend wären, so würde diese Verminderung des Bogens der Vibration keine Veränderung in der Zeit einer halben Vibration verursachen, weil die Kräfte der Beschleunigung beider Federn seyn würden, wie die Angular-Distanzen von dem nämlichen ruhenden Punkte O; allein da diese Punkte durch einen Bogen von 1° abgesondert sind, so wird eine Verminderung von 10° in dem halben Bogen der Vibration eine Veränderung in dem täglichen Gange bewirken, welche von dem allgemeinen Lehrsatze erhalten werden wird, wenn man folgendes annimmt.

$a = 1.$

*) In allen folgenden Berechnungen ist der Radius gleichfalls = 1.

$a = 1.5707963$ = einem Bogen von 90°.
$b = 2.1816616$ = einem Bogen von 125°.
$c = 2.1642083$ = einem Bogen von 124°.
$b - c = d = 0.0174533$ = einem Bogen von 1°.
$l = 193.$
$f = 0.9562754.$
$n = \frac{1}{20}.$

$\sqrt{\frac{2a}{lf \times \overline{n+1}}} \times$ in einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{c \times \overline{n+1}}{2b+2nc}}$ = Th. 1 Sek. $= 0.09951472$

$\sqrt{\frac{c \times \overline{n+1}}{2b+2nc}} \times$ in einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\frac{d}{\sqrt{b^2+nc^2}} = 0.00050949$

Die Zeit einer halben Vibration — — — — . 10002421.

Die Zeit nach der Uhr in 24 St. $= \frac{24 \text{ St.}}{1.0002421} = 23$ St. $59^{I}\ 39^{II}.08$ giebt für den täglichen Gang $20^{II}.92$ zu langsam.

Der tägliche Gang, wenn der halbe Bogen der Vibration 135° war, $19^{II}.40$ zu langsam.

Verspätung im täglichen Gange zufolge der Verminderung des halben Bogens der Vibration von 135° bis 125° — — $1^{II}.52$.

In diesen Beispielen liegt der Punkt der Ruhe der Hülfsfeder Q in dem ersten halben Bogen der Vibration zwischen B und O; und zufolge dieser Lage wird der tägliche Gang des Zeitmessers vermöge einer Trennung der Punkte der Ruhe verzögert, indeß der halbe Bogen der Vibration der nämliche bleibt, d. i. 135°; zweitens wenn die Trennung der Punkte der Ruhe unverändert bleibt, so verursacht eine Verminderung des Bogens der Vibration eine fernere Verspätung des Ganges. Die entgegengesetzten Wirkungen auf den täglichen Gang finden Statt, wenn der Punkt der Ruhe Q in dem letztern halben Bogen der Vibration Fig. 6. Taf. IV. zwischen O und E liegt. Bleibt der Bogen O Q = 1° wie vorher, so verursacht dieser Fall eine Beschleunigung anstatt einer Verzögerung des Ganges.

Man nehme an, der halbe Bogen der Vibration B O sei — 135°.

Die Trennung der Punkte der Ruhe = O Q — — — 1°

Der Bogen B Q oder B N Fig. 4. Taf. III. — — 136°.

Die Zeit zu Beschreibung des halben Bogens B O wird bestimmt werden, wenn man auf den vorhergehenden Lehrsatz Rücksicht nimmt.

man nehme a = 1. 5707963 = einem Bogen von 90°.
b = 2. 3561945 = einem Bogen von 135°.
c = 2. 3736478 = einem Bogen von 136°.
d = 0. 0174533 = einem Bogen von 1°.
l = 193.
f = 0. 9562754.
n = $\frac{1}{20}$.

Die Zeit zu Beschreibung des halben Bogens B O = $\sqrt{\frac{2a}{lf \times \overline{n+1}}}$ × einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{bd \times \overline{n+1}}{2b + 2nc}}$ Th. 1 Sek. = 0. 09950617

$\sqrt{\frac{a}{2lf \times \overline{1+2n}}}$ × einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{d^2 \times \overline{1+2n}}{b^2 + nc^2 - 2nd^2}}$ — — — — — = 0. 00047141

Zeit einer halben Vibration in dem Bogen B O — — = 0. 09997758

Zeit nach der Uhr in 24 St. = $\frac{24 \text{ St.}}{.9997758}$ = 24 St. 0' 19''. 38,'

der tägliche Gang also um 19''. 38 zu geschwinde.

Wenn alles bleibt, der halbe Bogen der Vibration werde von 135° bis 125° vermindert, und man mache
b = 2. 1816616 = einem Bogen von 125°.
c = 2. 1991149 = einem Bogen von 126°.

Die

Die Zeit zu Beschreibung von B O wird nun sein $\sqrt{\frac{2a}{lf \times \overline{n+1}}}$ × einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $\sqrt{\frac{\overline{b-d} \times \overline{n+1}}{2b+2nc}}$ = Th. 1 Sek. 0. 09946662

$\sqrt{\frac{a}{2lf \times \overline{1+2n}}}$ × einen Zirkelbogen, dessen Sinus

$\sqrt{\frac{d^2 \times \overline{1+2n}}{b^2+nc^2-2nd^2}}$ = — — — — = . 00050912

Zeit der halben Vibration in dem Bogen B O — — = . 09997574

Zeit nach der Uhr in 24 St. = $\frac{24 \text{ St.}}{.9997574}$ = 24 St. $0^{I} 20^{II}.91$.

giebt einen täglichen Gang von — — — — $20^{II}$ 91 zu geschwinde.

Täglicher Gang, wenn der halbe Bogen der Vibration war 135° — — — — — — $19^{II}.38$ zu geschwinde.

Beschleunigung des Ganges zufolge der Verminderung des halben Bogens der Vibration von 135° bis 125° — — $1^{II}.53$.

Der Lehrsatz, von welchem dieses letztere Resultat berechnet worden ist, gründet sich auf die Annahme, daß der Bogen B N Fig. 5. vermöge der beschleunigenden Kräfte der Unruhfeder und der Hülfsfeder u beschrieben wird, und daß der Bogen N O durch die beschleunigenden Kräfte der zwei erwähnten Federn beschrieben wi d, verbunden mit der zögernden Kraft der andern Hülfsfeder v, deren Punkt der Ruhe bei N Fig. 6. Taf. IV. liegt. Es kann als möglich gedacht werden, daß diese angenommene Wirkung der Hülfsfeder, welche die Unruhe verzögert, indeß sie den Bogen von N bis O beschreibt, nicht Statt haben kann, weil vermöge der besondern Bauart nach der Erfindung des Herrn Mudge, wenn die Unruhe von B gegen E vibrirt, die verzögernde Kraft der Hülfsfeder abgehalten wird, auf die Unruhe zu wirken, indeß sie den Bogen N k = 27° Fig. 6. mit Einschluß des erwähnten Bogens N O beschreibt; allein man muß bedenken, daß diese Aufhebung der verzögernden Kraft von der Wirkung auf die Unruhe, indeß sie den Bogen von N bis k beschreibt, blos ein mechanisches Mittel ist, um die Kraft zu ersetzen, welche durch Anreibung verlohren geht, und da sie alle Anwendung und Gegenwirkung erhält, so ist es erforderlich, wenn man Berechnungen der Zeiten

 macht,

macht, in welchen die Unruhe vibrirt, daß die ganzen Kräfte der Federn auf die nämliche Art in Berechnung genommen werden müssen, als ob keine Anreibung Statt fände, und keine mechanische Einrichtung zu Schadloshaltung des Verlustes der Berechnung zufolge dessen erforderlich wäre. Allein da in Betref der Sache keine verzögernde Kraft auf die Unruhe wirkt, während dem sie den letzten Bogen N O zufolge der angegebenen Bedingungen beschreibt, so wird es hinreichend sein, die Zeit einer halben Vibration in dem Bogen B O gleichfalls nach diesem Grunde zu berechnen, d. i. nach der Voraussetzung, daß der ganze halbe Bogen B O vermöge der vereinigten beschleunigenden Kräfte der Unruhfeder und der Hülfsfeder u allein beschrieben wird; man wird finden, daß diese geringe Abweichung der Bedingungen keineswegs auf die Folgerungen Einfluß hat, welche von den vorhergehenden Berechnungen hergeleitet werden, und auch die Resultate selbst nicht abändern.

Die Zeit zu Beschreibung des haben Bogens B O nach diesen Bedingungen wird zufolge des vorhergehenden Lehrsatzes bestimmt, und indem man folgendes festsetzt:

$a = 1.5707963$ = einem Bogen von 90° zum Radius = 1.
$b = 2.3561945$ = einem Bogen von 135°.
$c = 2.3736478$ = einem Bogen von 136°.
$d = 0.0174533$ = einem Bogen von 1°.
$l = 193.$
$f = 0.9562754.$
$n = \frac{1}{20}.$

Die Zeit einer halben Vibration ist $= \sqrt{\frac{2a}{lf \times \overline{n+1}}} \times$ in einen Zirkelbogen, dessen Sinus ist $= \sqrt{\frac{b \times \overline{n+1}}{2b + 2nc}}$ = Th. 1 Sek. $= .09997752.$

Die Zeit nach der Uhr in 24 St. $= \frac{24 \text{ St.}}{.9997752} = 24$ St. 0' 19''. 42. giebt zum täglichen Gange 19'' 42 zu früh.

Alles

Alles übrige bleibe, und der halbe Bogen der Vibration werde von 135° bis 125° vermindert; und man mache

b = 2. 1816616 = einem Bogen von 125° zum Radius 1.
c = 2. 1991149 = einem Bogen von 126°.

Die Zeit zu Beschreibung des halben Bogens BO wird dann sein = $\frac{2a}{\sqrt{f \times n+1}}$ × einen Zirkelbogen, dessen Sinus = $\sqrt{\frac{b \times n+1}{2b+2nc}}$ = 0. 09997570 Theile einer Sekunde.

Zeit nach der Uhr in 24 St. = $\frac{24 \text{ St.}}{.9997570}$ = 24 St. $0^{I}$ $20^{II}$.96 giebt als täglicher Gang um — — — — — — $20^{II}$. 96 zu früh.

Täglicher Gang, wenn der halbe Bogen der Vibration war 135° = $19^{II}$. 42 zu früh.

Beschleunigung des täglichen Ganges zufolge der Verminderung des halben Bogens der Vibration von 135° bis 125° — — $1^{II}$.54 beinahe ohne Differenz von der vorigen Bestimmung.

Nimmt man auf die Figur Rücksicht, so können wir deutlich die drei ruhenden Lagen der Aerme G O und I O Fig. 4. Taf. III. in Rücksicht der Stifte L M, Z W sehen, welche den verschiedenen Bedingungen entsprechen, die bei der Berechnung der vorhergehenden Beispiele sind angenommen worden. Wenn der Bogen A X Y D und die Aerme G O, I O in ihrer ruhenden Lage sind, so sieht man, nach den vorhergehenden Beobachtungen, daß wenn die Aerme G O, I O so eingerichtet sind, daß sie genau die Stifte L M, Z W berühren, die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern u und v mit dem Punkte der Ruhe der Unruhfeder Fig. 7. Taf. IV. zusammentreffen, und indem in diesem Falle die Unruhe fünf Vibrationen in einer Sekunde macht, wenn sie in die mittlere Zeit eingerichtet worden, der tägliche Gang ist = 0.

Zweitens nehme man an, daß die Aerme G O und I O an die Wellen T R, F S Fig. 4. Taf. III. und Fig. 5. Taf. IV. befestiget sind, daß anstatt der genauen Berührung der Stifte L M und N W, wenn sie ruhend sind, sie gegen diese Lage

unter irgend einem Winkel O G Q = O I N geneigt sind *); die Lage der Lappen p und q bleiben unverändert; in diesem Falle wird der Punkt der Ruhe der Hülfsfeder u von dem Punkte der Ruhe der Unruhfeder durch die Angular-Distanz O G Q = O C Q getrennt sein. Auf gleiche Art wird der Punkt der Ruhe der Hülfsfeder v von dem Punkte der Ruhe der Unruhfeder unter der Angular-Distanz O I N = O C N abweichen. Angenommen daß der Bogen O Q = O N ist = 1°: so ist der Punkt der Ruhe Q der Hülfsfeder u in dem ersten halben Bogen der Vibration, d. i. zwischen B und O, indeß die Unruhe von B bis E vibrirt; und der Punkt der Ruhe der Hülfsfeder v ist in dem ersten halben Bogen der Vibration zwischen E und O, indeß die Unruhe von E bis B vibrirt, nach diesen Bedingungen, wenn die halben Bögen der Vibration B O und O E 135° sind, wird der tägliche Gang des Zeitmessers 19''.40 langsamer sein, als die mittlere Zeit, und wenn die halben Bögen B O, O E sollten von 135° bis 125° vermindert werden, so wird der tägliche Gang um 20''.92 zu langsam sein; die Verspätung des täglichen Ganges zufolge des verminderten halben Bogens der Vibration ist 1''.52.

Was den übrigen Fall anbetrift, so verhindern, wenn die Aerme G O, I O Fig. 4. Taf. III. so eingerichtet sind, daß sie genau vermöge der Kraft der Hülfsfedern gegen die Stifte L M, W Z drücken, wenn sie ruhend sind, die gleichen und entgegengesetzten Drucke jede scheinbare Wirkung auf die Lage der Unruhe oder des Bogens A X Y D; wenn der Stift L M weggenommen werden muß, (indem die Unruhe auf ihrer Fläche herumgedrehet wird) so nehme man an, daß der Arm G O in einer Lage G N unter einer Distanz unter O ruhe, welche von dem Bogen O N = 1° gemessen wird; in dieser Lage wird der Punkt der Ruhe der Hülfsfeder u in dem leztern halben Bogen der Vibration bei N zwischen E und O liegen, und vermöge einer ähnlichen Einrichtung der ruhenden Lage des Arms I O Fig. 6. Taf. IV. und Fig. 4. Taf. III. wird der Punkt der Ruhe der Hülfsfeder v bei Q in dem leztern halben Bogen der Vibration zwischen O und B liegen; zufolge dieser Lage der Punkte der Ruhe wird der tägliche Gang der Uhr um 19''.38 beschleuniget werden, indeß der halbe Bogen der Vibration fortfährt 135° zu sein, und wenn der halbe Bogen der Vibration bis 125° vermindert wird, so wird der tägliche Gang noch mehr beschleuniget; der Gang ist 20'' 91 zu früh oder 1''.53 geschwinder, als wenn der halbe Bogen der Vibration 135° wäre.

Man

*) Die Kraft der Hauptfeder wird vorausgesezt, daß sie auf das Steigrad, oder die Lappen p und q nicht wirke.

Man nehme, wie in den vorigen Beispielen, an, die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern sein in der Distanz von 1° von dem Punkte der Ruhe der Unruhfeder, so werden die Veränderungen des Ganges von der mittlern Zeit, wenn die halben Bögen der Vibration sind 135°, 125°, 60° und 10° verschiedentlich, wie unten auszudrücken sein:

Punkte der Ruhe in den ersten halben Bögen der Vibration.

| Halbe Bögen der Vibration | | | | | Veränderung des täglichen Ganges von der mittlern Zeit. |
|---|---|---|---|---|---|
| 135° | — | — | — | + — | $19^{II}. 40$ |
| 125° | — | — | — | + — | $20^{II}. 92$ |
| 60° | — | — | — | + — | $44^{II}. 33$ |
| 10° | — | — | — | + — | $4^{I}\ 24^{II}. 24$ |

Punkte der Ruhe in den leztern halben Bögen der Vibration.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 135° | — | — | — | — + | $19^{II}. 38$ |
| 125° | — | — | — | — + | $20^{II}\ 91$ |
| 60° | — | — | — | — + | $43^{II}\ 60$ |
| 10° | — | — | — | — + | $4^{I}\ 23^{II}\ 60.$ |

Wenn Hülfsfedern für die einzige Absicht angewendet werden sollen, um die Vibrationen der Unruhe isochronisch zu machen, so dürfte es wahrscheinlich bequemer gefunden werden, die Punkte der Ruhe der Hülfs- und Unruhfedern in einer größern Entfernung als 1° einzurichten; man nehme an, die Distanz sei 10°. Es sei der Bogen der Vibration 450°, oder $1\frac{1}{4}$ einer Revolution, und die Unruhe mache vier Vibrationen in einer Sekunde; nach diesen Bedingungen werden zwei Hülfsfedern, deren jede ohngefähr $\frac{1}{40}$ der Kraft der Unruhfeder, oder vielleicht eine einfache Hülfsfeder verhältnißmäßig stärker, in den meisten Fällen hinreichend sein, den Mangel des Isochronismus in der Unruhfeder zu ersetzen.

Vermöge dieser verschiedenen *) Resultate läßt sich schließen, daß obschon der Gang des Zeitmessers des Herrn Mudge wesentlich auf die ruhende Lage der Aerme G O, I O Fig. 4. Taf. III. ankommt, d. i. auf die Lage der Punkte der Ruhe der Hülfsfedern,

*) Es ist kaum nöthig anzumerken, daß obschon die Resultate vermöge der Annahme der elastischen Kräfte der Spiralfedern sind untersucht worden, daß sie in dem genauen Gesetze der

federn, so wird doch, während dem diese Lage unverändert bleibt, wie sie auch beschaffen sein dürfte, der regelmäßige Gang des Zeitmessers zufolge der erwähnten Lage nicht gestört, vorausgesetzt, daß der halbe Bogen der Vibration der nämliche bleibt; allein wenn dieser Bogen vermindert wird, so wird eine Beschleunigung oder Verzögerung des täglichen Ganges zufolge der Lage der Punkte der Ruhe der Hülfsfedern Statt finden, auf die halben Bögen der Vibration bezogen, in welchen diese Federn eigentlich wirken. Wenn die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern in den erstern halben Bögen der Vibration liegen, so wird eine Verminderung dieser Bögen eine Verspätung des Ganges bewirken; allein liegen die Punkte der Ruhe in den letztern halben Bögen der jedesmaligen Vibrationen, so wird der tägliche Gang beschleuniget werden.

Vermittelst der Bauart des Herrn Mudge können wird nun die Grundsätze anwenden, welche aus den vorigen Untersuchungen hergeleitet werden, um solche Abänderungen in dem täglichen Gange zu verbessern, als von einem verminderten oder vergrößerten Bogen der Vibration entstehen. Denn wenn es bekannt sein sollte, und hinreichende Versuche irgend einer Art geschehen, daß die Eigenschaften *) der Unruhfedern so sind,

der Spannungen sind, oder in den Distanzen von der Ruhe; so werden doch, wenn die Kräfte der Federn etwas von diesem Gesetze abweichen sollten, die allgemeinen Folgerungen, die von den vorigen Berechnungen hergeleitet werden, in Rücksicht der Beschleunigung oder Verweilung des Ganges, so wie er von der Veränderung in der Lage der Punkte der Ruhe herrührt, noch wahr bleiben, obschon der Grad, worin diese Wirkungen Statt finden, nicht genau der nämliche sein dürfte, als wenn die Kräfte der Federn in dem genauen Gesetze stehen, welches in den Untersuchungen angenommen worden.

*) Es giebt verschiedene Meinungen in Rücksicht der Zeiten, worin eine Unruhe, welche frei vermöge der Wirkung einer Spiralfeder vibrirt, die längern und kürzern Bogen der Vibration beschreibt. Herr Harrison sagt, „große Bögen geschehen von Natur in weniger Zeit als kleine.“ Notes taken at the Discovery of Mr. Harrison's Timekeeper S. 7. Diese Meinung hat gleichfalls Herr Berthoud; „Ich habe aus sichern Erfahrungen, daß die großen und die kleinen Bögen einer Unruhe nicht isochronisch sind, und daß überhaupt bei einer freien Unruhe die großen Bögen geschwinder als die kleinen erfolgen.“ Herr Ludlam in seiner Abhandlung, die er der Kommission der Longitudo zugeeignet hat, und den Titel führt: a Short View of the Improvements made or attempted in Mr. Harrison's Watch giebt folgende Bemerkung: „der Grundsatz, welcher nach Herrn Harrison die Abweichung des (bereits beschriebenen) dritten Theils verursacht, ist, daß die längern Vibrationen einer Unruhe, welche vermöge einerlei Spiral-

sind, um zu verursachen, daß die längern Bögen der Vibration in weniger Zeit beschrieben werden, als die kürzern Bögen, so wird, wenn der Bogen der Vibration vermindert wird, der Zeitmesser verlieren; und dieser Fehler in dem Gange würde verbessert werden, wenn man die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern in den jedesmaligen letztern halben Bögen der Vibration zu einer solchen Distanz O N = O Q Fig. 4. Taf. III. und Fig. 6. Taf. IV. von dem Punkte der Ruhe der Unruhfeder einrichtete, daß er mit dem Fehler zusammentrift, welcher berichtiget werden soll *). Auf gleiche Art wird, wenn die Eigenschaft der Unruhfeder so beschaffen sein sollte, daß eine Verminderung des Bogens der Vibration eine Beschleunigung des täglichen Ganges bewirkt, dieser Fehler verbessert werden, wenn man die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern in die ersten halben Bögen der Vibration Fig. 5. Taf. IV. und Fig. 4. Taf. III. in ihren gehörigen Entfernungen von dem Punkte der Ruhe der Unruhfeder setzt. Ich muß indessen hier noch anmerken, daß wenn die Unruhfeder von der letztern hier angenommenen Art sein sollte, und die Punkte

ralfeder in Bewegung gesetzt wird, in weniger Zeit geschehen. Dies ist der angenommenen Meinung unter den Theoretikern und praktischen Künstlern ganz entgegen."

Diese widersprechenden Meinungen können wahrscheinlich aus Versuchen ihren Ursprung haben, worin alle Umstände, welche auf die Zeiten der Vibration in längern oder kürzern Bögen Einfluß haben können, entweder nicht angemerkt oder vergessen worden sind, daß gehörige Rücksicht darauf genommen worden; dies wird um desto wahrscheinlicher sein, wenn man zugesteht, daß eine Unruhfeder auf verschiedene Arten eingerichtet werden kann, so daß entweder die längern oder kürzern Bögen in der wenigsten Zeit geschehen sollen; nicht blos, daß man die Dicke und Stärke der Feder in verschiedenen Theilen abändert, sondern wenn man die Meinung des Herrn Berthoud annimmt, in einer in jeder Rücksicht gleichförmigen Feder, indem man die Länge und die Zahl der Umgänge abändert. Er führt an, daß eine gewisse Länge und Anzahl der Umgänge für eine gleichförmige Spiralfeder gegeben werden kann, welche sie vollkommen isochronisch machen wird. Dieser letztere Grundsatz scheint indessen durch keine genugthuenden Versuche berichtiget worden zu sein. Zufolge der Anführungen, die aus den vorigen Untersuchungen hergeleitet worden, können drei Spiralfedern, welche, wenn sie einzeln wirken, nicht isochronisch sind, durch gehörige Einrichtung ihrer Punkte der Ruhe so vereiniget werden, daß ihre verbundene Wirkung verursachen wird, daß die Unruhe ihre Vibrationen in irgend zwei Bögen von ungleicher Länge in der nämlichen Zeit vollendet.

*) Die Lage der Punkte der Ruhe der Hülfsfedern nennt man hier abgeändert, wenn man die Aerme G O, I K verschiedentlich an die Wellen T R, F S befestiget; die ruhende Lage der Lappen wird auf keine Art verändert.

Punkte der Ruhe der Hülfsfedern sollten entweder durch zufällige Störung in ihrer Lage, oder vermöge einer Einrichtung derselben zu gewissen vorhabenden Versuchen in die letztern halben Bögen der Vibration gelegt werden, die Wirkung dieser Lage eine Beschleunigung des Ganges sein würde, wenn der halbe Bogen der Vibration vermindert wird: diese Wirkung würde auf doppelte Art bewirkt werden; erstlich wegen der angenommenen Beschaffenheit der Unruhfeder, vermöge welcher sie kleinere Bögen in weniger Zeit beschreibt, als die größern Bögen der Vibration: und zweitens wegen der Lage der Punkte der Ruhe der Hülfsfedern. Allein man sieht, vermöge der vorhergehenden Betrachtungen, daß obschon die Unruhfeder nicht isochronisch sein sollte, doch der regelmäßige Gang des Zeitmessers gar nicht gestört werden dürfte, die Punkte der Ruhe der Hülfsfedern mögen indessen in Rücksicht des Punktes der Ruhe der Unruhfeder so lang gelegen sein, als der halbe Bogen der Vibration fortfährt unverändert zu bleiben; und sollte der halbe Bogen der Vibration auch wachsen oder sich vermindern, so verschaft die Bauart des Herrn Mudge doch immer ein wirksames Hülfsmittel gegen diese Ursache der Veränderung im Gange, da die vorragenden Aerme von den Hülfsfedern so eingerichtet werden können, um ihre Punkte der Ruhe entweder in den erstern oder letztern halben Bögen der Vibration zu legen, je nachdem die Unruhfeder, wenn sie einzeln wirkt, kürzere oder längere Vibrationen verursacht, die in der kürzesten Zeit beschrieben werden sollen.

## XVI.

## Herrn J. G. Prasse's Vorrichtung an dem Haken der Hemmung, zu bequemer Einrichtung des Ganges an Thurmuhren.

Ich habe bereits im Anhange des zweiten Theils meines Uhrmachers die Vorrichtung meines Freundes zu eben dieser Absicht beschrieben, die er an der daselbst beschriebenen Thurmuhr angebracht hat; hier erwähne ich noch eines Gedankens dieser Art. A A Fig. 17. Taf. II. ist der eine Arm des Hakens, welcher bei a vorspringt. Bei b ist daran der Theil B beweglich, welcher vermittelst der Schraube vorwärts oder zurück gestellt, und vermittelst der Schraubenmutter d eine feste, bleibende Lage erhalten kann. An diesem Theile B befindet sich der Haken C, welcher bei c beweglich ist, und seine feste Lage sodann vermittelst der Schraube f und der Schraubenmutter g erhält. Diese Ein-

Einrichtung gestattet also alles, was zur Einrichtung des Ganges einer Hemmung mit dem Haken erforderlich ist.

An gewöhnlichen Pendeluhren und Stutzuhren mit der Hemmung vermittelst des Hakens bringt dieser große Künstler nicht selten folgende sehr leichte Vorrichtung an, die besonders dazu dient, um der Gabel für das Einlegen des Pendulum die erforderliche Lage zu geben, zu welcher Absicht das Futter für die Gabel eine Platte hat, die vermittelst einer Schraube willkührlich gestellt werden kann.

---

## XVII.

## Vorrichtung für das Erheben und Senken eines Pendulum zur Einrichtung des Ganges desselben in die genaue Zeit; von Herrn J. G. Prasse.

---

Es sei A B Fig. 16. Taf. II. die feststehende Wand des Gehäuses vorwärts; C sei ein Arm, welcher an dieser Wand befestiget ist, und eigentlich das Pendulum unmittelbar tragen sollte, in welchem bei D ein senkrechter Einschnitt sich befindet, wo die Feder des Pendulum eingelegt wird. An diesem Arme befindet sich der Theil F G, welcher bei F um einen eingelegten Stift beweglich ist, durch welchen aber oberhalb bei L der Theil L der gleichfalls um einen eingelegten Stift beweglich, durchgeht. Dieser Thei L endigt sich in eine Schraube K, welche durch die Wand A B des Gehäuses der Uhr durchgeht, und außerhalb vermittelst einer vorgelegten Schraubenmutter I gehalten wird. An dem Theile G F ist der Arm H befestiget, welcher vorwärts senkrecht aufgeschnitten wird, und jetzt dazu dient, um die Feder des Pendulum D E einzulegen. Man wird aus diesem leichten Mechanismus nunmehr von selbst leicht einsehen, wie das Heben oder Senken des Pendulum vermittelst Nachlassung oder Zurückziehung der Schraubenmutter I bequem gehoben oder gesenkt werden könne, wo alsdenn die Feder, welche im Arme H und C in den daselbst befindlichen Einschnitten liegt, sich eben dadurch verkürzt oder verlängert.

---

## XVIII.

## Einige Beobachtungen über die Taschenuhren, in Hinsicht des Rükkerwerks *).

Es ist für den praktischen Uhrmacher oft bei dem größten Fleiße, welchen er auf die Reparatur der Uhren verwendet, eine sehr unangenehme Sache, wenn er sehen muß, daß die besten Uhren, auf welche er den meisten Fleiß verwendet hat, nicht so gut gehen wie er es wohl wünschet.

Dieser Fall tritt sehr oft bei den französischen und andern Uhren ein, dahingegen die englischen Uhren, wenn sie noch so schlecht gearbeitet sind, meistens besser gehen als alle andre.

Dieses ist eine allgemeine Bemerkung aller beobachtenden Uhrmacher gewesen, mit denen ich je in Verbindung gestanden habe.

Viele suchten den Grund in den richtigen Verhältnissen der englischen Uhren, indem eine 3 gehäusige englische Uhr eine solche Größe und Höhe hat, welche ein gehöriges Verhältniß in Hinsicht ihrer Theile gegen einander gestattet. Denn da die Räder in einer englischen Uhr den gehörigen Raum haben, daß kein Rad an dem andern Rade anstreifen und ihm zu nahe kommen kann, so entsteht dadurch schon ein gutes Größenverhältniß der Räder, und für die Getriebe eine ziemlich gute Größenabstufung.

Nur die kleinen Federhäuser bei englischen Uhren, welche vor dem großen Bodenradstriebe vorbei gehen, glaub' ich durch Gründe fest überzeugt zu sein, sind durchaus schädlich; und wenn sie auch weiter keinen Fehler hätten, so ist doch das Zerspringen der Feder bei einem kleinen Federhause eher möglich als bei einem großen, indem die Feder zu wenig Umgänge erhält und der Federstift zu schwach wird **).

Einige

*) Diese nicht ganz unwichtigen Bemerkungen sind von dem fleißigen Uhrmacher in Magdeburg Herrn Ludwig Conradi.

**) Ueberhaupt wird man auch gemeiniglich finden, daß die Federn in englischen Uhren weit öfterer springen, als in andern Uhren, welches davon vorzüglich herrührt, wie Herr Conradi anmerkt, besonders da der Federstift unter diesen Umständen nothwendig sehr schwach sein muß; auch sind die englischen Federn allgemein ungleich härter. A. d. H.

Einige suchten den richtigen Gang der Uhren in der Einrichtung des Ganges, und machten den obern Spindellappen etwas schmäler, weil beim Hängen der Uhr 2 Schenkel der Unruhe, wenn die Spindel auf englische Art genietet ist, oben stehen, und durch ihre Schwere einen größern Bogenschwung der Unruhe befördern als im Liegen.

Freilich erleichtert diese Einrichtung des Ganges dem Uhrmacher die Arbeit bei Justirung der Unruhe, allein man findet dennoch, daß bei allen englischen Uhren darauf nicht immer Rücksicht genommen worden, und die Uhren gehen doch größtentheils vorzüglicher, wenn auch nicht einmal die Unruhe justirt ist. Wenigstens gehen sie doch meistens in einer Lage richtiger als andre Uhren.

Ich spreche hier freilich nicht von einer astronomischen Richtigkeit der Uhren, denn diese kann wohl nicht anders bewerkstelliget werden, als daß die Uhren einen Apparat für Wärme und Kälte haben, und daß man mit einem Oele versehen sei, welches nicht schmutzt und keinen Grünspan ziehet, sondern von der gewöhnlichen Richtigkeit der gut gehenden Uhren.

Ich hätte freilich hierüber noch vieles zu sagen, wenn ich nur zum Theil alles das erwähnen wollte, was die Uhrmacher über den guten Gang der übrigens schlechten englischen Uhren gedacht haben. Allein da es nicht meine Absicht ist, die verschiedenen Meinungen meiner Mitkünstler vorzutragen, so will ich vielmehr zu meinen eigenen Beobachtungen eilen, welche ich über den verschiedenen Gang der Uhren angestellt habe.

Ich fand, daß einige Uhren bei starker Wärme viel mehr zu langsam giengen als andre; bei einer entgegengesetzten Kälte aber auch verhältnißmäßig geschwinder; die allerschlechtesten englischen Uhren aber hielten in diesen Beobachtungen meistens den besten Gang; ja sogar solche, welche ich, weil es der Eigenthümer der Uhren nicht anwenden wollte, nur gangbar gemacht hatte.

In diesen Uhren waren die Zapfen rauh und dick, die Ansätze der Zapfen groß, die Löcher der Zapfen zu weit, die Federn machten mit dem Schnecken einen leidlichen Zug, die Spindeln waren aber sehr schlecht und die Unruhe machte unter 60 Grad ihre Schwingungen, und dennoch war ihr Gang vorzüglich richtig.

Dahingegen waren bei den andern Uhren die Unruhen justirt, die Schnecken abgeglichen, und alle Theile der Uhren sorgfältig nachgesehen, und das Fehlerhafte verbessert worden.

Diese Beobachtungen machten mich öfters sehr aufmerksam, weil ich mit allen meinen Kenntnissen, welche ich in der Uhrmacherkunst besitze, dennoch den Grund nicht



finden

finden und einsehen konnte, warum die Uhren besser giengen, worauf ich gar keinen Fleiß gewendet hatte. Ich knüpfte aber den Faden der Geduld, welcher mir bei dieser Arbeit sehr oft riß, doch immer wieder an, und fand bei mehreren Untersuchungen und Beobachtungen, daß wenn der halbe Mond im Rückerwerke auf der rechten Seite die Spiralfederspalte nach dem Spiralfederklöbchen zu hatte, durch welches die Spiralfeder befestiget wird, der Gang der Uhren ungleich langsamer in der Wärme war, als bei den andern Uhren, welche die Spiralfederspalte in der Mitte, oder wie bei den meisten englischen Uhren, an dem linken Ende des halben Mondes hatten, zumal wenn der halbe Mond mehr auf das Langsame als auf das Geschwinde stand; in der Kälte aber giengen diese Uhren verhältnißmäßig geschwinder, je nachdem der halbe Mond auf das Geschwinde oder Langsame stand.

Bei den meisten französischen Uhren aber, wo die Spiralfederspalte in der Mitte des halben Mondes war, giengen die Uhren, wenn der halbe Mond auf das Langsame stand, nicht so viel zu langsam, und stand der halbe Mond auf das Geschwinde, nicht so viel zu geschwind, als bei den oben gedachten Uhren, welche ihre Spiralfederspalte auf der rechten Seite des halben Mondes hatten.

Englische Uhren, welche meistens die Spiralfederspalte an dem entgegen gesetzten Ende der erst gedachten Uhren auf der linken Seite des halben Mondes hatten, fand ich, daß sie in ihrem Gange immer die richtigsten Uhren waren.

Dies alles ließ mich denn vermuthen, daß die Anlage des Ruckers einen wesentlichen Nutzen für die Richtigkeit einer Uhr haben müsse, so wie denn auch alle Beobachtungen und die vielen Erfahrungen, welche ich hierin gemacht habe, sich immer wieder hierauf bezogen.

Auch lassen sich diese Erfahrungen durch physische Gründe erklären, denn bei englischen Uhren ist der halbe Mond wirklich ein kleiner Apparat für Wärme und Kälte, wenn das Rückerrädchen gedrängt in den halben Mond eingreift, so daß keine Luft oder Spielraum zwischen Zahn und Trieb ist, oder wenigstens die Rückerscheibe auf dem Rückerrädchen gut befestiget worden, und gehörig gedrängt gehet.

Dieses muß man auch mehrentheils bei den schlechten englischen Uhren besorgen, wenn auch der Uhrmacher hierzu keine Lust hätte, indem sonst die Rückerscheibe leicht an die Unruhe anstreifen kann.

Geschiehet nun dieses, daß die Rückerscheibe auf die Art befestiget worden, und legt sich der Zahn des Rückerrädchens dicht an den Zahn des halben Mondes an, wenn die

die Rückerscheibe recht herum gedrehet wird, so entstehet hieraus ein fester Punkt durch Anliegung des Zahns, wenn Luft zwischen Zahn und Trieb im Rückerwerke sein sollte, von welchem sich der halbe Mond durch die Wärme dehnen kann.

Legt sich aber auch kein Zahn des Rückerrädchens an den Zahn des halben Mondes an, so schadet dieses auch nicht, wenn man nur dafür sorgt, daß der halbe Mond da, wo die Zähne des Rückerrädchens eingreifen, fest auf dem Boden liege, und der einzige Ort sei, an welchem er sich am stärksten zwischen einem Falze klemme: So wird diese Klemmung da, wo sie am stärksten ist, der feste Punkt sein, von wo aus der halbe Mond sich in seinem Falze dehnen und verkürzen kann, welche Klemmung des halben Mondes stets beobachtet werden muß, wenn Luft zwischen Zahn und Trieb im Rückerwerke ist, zumal wenn man Beobachtungen hierüber anstellen will.

Das Anliegen des Zahns ist also deshalb, wie oben gedacht worden, um die Dehnung des halben Mondes so viel wie möglich sicher und schnell zu befördern, die Klemmung des halben Mondes aber, um die Verkürzung desselben zu bewerkstelligen, indem der Zahn des halben Mondes nicht an dem Zahn des Rückerrädchens auf der andern Seite wegen seiner Luft zwischen den Zähnen anliegen kann.

Greift aber das Rückerrädchen in dem halben Monde gedrängt in einander, so macht die Klemmung zwischen Zahn und Trieb schon alsdenn von selbst den festen Punkt, von welchem sich der halbe Mond vermöge der Wärme und Kälte verlängern und zusammenziehen kann.

Verlängert sich nun die Spiralfeder durch die Wärme, so verlängert sich der halbe Mond auch, und verkürzt hierdurch die Spiralfeder bei der englischen Rückeranlage, wo die Spiralfederspalte an dem linken Ende des halben Mondes ist. Steht nun der halbe Mond mehr auf das Geschwinde, so erhält er von seinem festen Punkte zwischen Zahn und Trieb durch seine mehrere Länge mehr Dehnungsvermögen um die Spiralfeder zu verkürzen.

Bei den französischen Uhren aber, wo der halbe Mond seine Spiralfederspalte in der Mitte hat, entstehet eine nachtheilige Dehnung des halben Mondes für den richtigen Gang der Uhren.

Denn, wenn der halbe Mond bei solcher Rückeranlage auf das Langsame steht, so verlängert er die Spiralfeder noch mehr, wenn die Spiralfeder durch die Wärme verlängert

långert wird, indem der halbe Mond sich von seinem festen Punkte zwischen Zahn und Trieb den Spiralfederklöbchen zu dehnt, wodurch die Spiralfeder, wie gedacht worden, noch mehr verlängert werden muß.

Steht aber der halbe Mond auf das Geschwinde, so verkürzt er zwar die Spiralfeder, wenn die Spiralfeder durch die Wärme sich verlängert, allein weil der halbe Mond nicht viel Länge von seinem festen Punkte bis zur Spiralfederspalte hat, so ist sein Dehnungsvermögen nicht so stark als bei dem vorgedachten englischen Monde und kann folglich nicht so viel wirken.

Bei einem halben Monde aber, wo die Spiralfederspalte am rechten Ende des halben Mondes ist, wirkt der halbe Mond jederzeit nachtheilig für den richtigen Gang der Uhr; denn verlängert sich die Spiralfeder, so wird sie durch den halben Mond noch mehr verlängt, verkürzt sie sich aber, so verkürzt der halbe Mond selbige noch mehr, welches sich auch in meinen Untersuchungen und Beobachtungen deutlich gezeigt hat, und wodurch sich nun auch erklären läßt, warum die englischen Uhren besser gehen müssen als andre; hierzu kömmt noch daß das Messing, woraus der halbe Mond verfertiget ist, sich weit mehr als der Stahl dehnt, und folglich einen wesentlichen Vortheil einer solchen Uhr bringt, welche die gedachte englische Rückeranlage hat.

Ich hätte freilich hierüber noch vieles zu sagen, wie und auf was für Art man solche Beobachtungen mit Nutzen und gutem Erfolg anstellen könnte und müßte, allein ich überlasse dies den denkenden Uhrmachern und Kunstliebhabern, indem der denkende Kopf in der Uhrmacherkunst sich schon selbst seinen eigenen Weg bahnen wird um darauf sicher wandeln zu können.

Eine Zeichnung dieser meinen kleinen Arbeit hab' ich nicht mit beifügen wollen, indem den Anfängern in dieser Kunst ja wohl die Rückeranlagen bekannt sein müssen. Nur hab' ich noch zu erinnern, daß ich mich bei meinen Versuchen eines Oeles bedient habe, welches keinen Grünspan zieht, nicht schmutzt und nur bei strenger Kälte etwas gefriert; auch daß ein jeder Versuch und eine jede Beobachtung oft seine Ausnahmen habe.

Sollten diese meine kleine Erfahrungen sowohl von gelehrten Kunstliebhabern, wie auch von meinen Mitkünstlern in der Uhrmacherei einigen Beifall erhalten, so wird dies mich aufmuntern noch einige kleine Beiträge die Uhrmacherkunst betreffend zu liefern; zum wenigsten hoffe ich von dieser meinen kleinen Arbeit, daß ich doch manchen Uhrma-

cher

cher auf eine Sache aufmerksam werde gemacht haben, welche er sonst vielleicht mit gleichgültigen Augen angesehen hat.

---

## XIX.

## Ueber das Größenverhältniß der Räder einer Uhr in Gehwerken *).

---

Daß ein praktischer Uhrmacher wisse, wie groß man die Räder in einer Uhr machen müsse, ist wohl eine sehr nöthige Sache, und dennoch ist es oft schwer hierüber Regeln festzustellen, welche in allen Fällen anwendbar wären.

Die meisten Uhrmacher, welche neue Uhren verfertigen, legen meistens einen guten richtigen erprobten Riß, welchen sie von andern Uhren abnehmen, oder welchen sie selbst gemacht und erprobt haben, zum Grunde, wonach sie arbeiten.

Der Uhrmacher Herr Hartmann in Halle, und Herr Vogler in seinem praktischen Unterricht von Taschenuhren, haben hierüber geschrieben, und die Nothwendigkeit eingesehen, daß man ein festes System haben müsse, wonach man das Größenverhältniß der Räder gegen einander bestimme.

Da nun ein Rad auf sein Getriebe als ein umgekehrter Hebel wirkt, so ist es nothwendig, wenn ein leichter Umlauf der Räder bewirkt werden soll, daß sowohl die Räder, wie auch die Getriebe eine richtige Größenabstufung erhalten.

Deshalb stellte Herr Hartmann ein Größenverhältniß sowohl für Taschenuhren als Pendeluhren fest, welches Herr Vogler zu verbessern glaubte; jedoch aber bemerkte, daß man auf die Berechnung einer Uhr Rücksicht nehmen müßte, weshalb er auch ein verändertes Größenverhältniß für die Räder einer Uhr angab.

Herr Geißler in Zittau, welcher so viel Schönes und Richtiges über die Uhrmacherkunst, theils durch seine Uebersetzungen, theils auch durch seine vielen eigenen Erfah-

*) Diese Bemerkungen sind gleichfalls von Herrn Conradi in Magdeburg. G.

fahrungen gesagt hat, macht auch den Uhrmacher hierauf aufmerksam, daß die Berechnung einer Uhr den Riß ändre, so daß das Hartmann'sche und Vogler'sche Größensystem, nicht für jede Berechnung anwendbar sei.

Die Größenvertheilungen der Räder des Herrn Hartmann sind für eine Taschenuhr folgende: Man theile den Durchmesser des Federhauses in 12 gleiche Theile, und gebe dem Schneckenrade 11, dem Minutenrade 10, dem Mittelrade 9, dem Kronrade 8, dem Steigrade 4 solcher 12 Theile des Federhauses zum Durchmesser.

Die Voglersche Größenvertheilungen der Räder sind. Man theile den Durchmesser der Pfeilerplatte in 12 gleiche Theile; hiervon erhält das Minutenrad 5 bis $5\frac{1}{4}$ solcher Zwölftheile; 5 für ein Minutenrad von 54 und $5\frac{1}{4}$ für ein Minutenrad von 60 Zähnen; dann theile man den Durchmesser des Minutenrades wieder in 12 gleiche Theile, und gebe dem Federhause $12\frac{1}{2}$, oder 13, wenn die Schnecke ein verdecktes Gesperr hat, dem Schneckenrade $12\frac{1}{2}$, dem Mittelerade 10, und dem Kronrade 9 solcher Zwölftheile des Minutenrades zum Durchmesser; das Steigrad aber erhält nach der Höhe der Uhr seine Größe.

In wie fern nun diese Größenverhältnisse der Räder für die Uhren anwendbar sind, werde ich mich bemühen in den 3 beigefügten Grundrißen, Tafel V. Fig. 1, 2, 3, zu untersuchen.

Fig. 1. ist ein Grundriß zu einer gewöhnlichen 3 gehäusigen Uhr. Das Federhaus A ist so groß wie möglich angenommen worden, damit die Feder im Federhause nicht auf den höchsten Grad gespannt sein darf. Das Schneckenrad B will ich nun für ein richtiges Größenverhältniß annehmen, weil es nicht größer sein kann, wenn es in ein Minutentrieb von zwölf Triebstäben eingreifen soll, allein das Minutenrad C ist zu klein; selbst für 54 Zähne hat es einen zu starken Abfall zum Durchmesser gegen das Schnekkenrad, und für 60 Zähne ist es gar nicht brauchbar, indem die Zähne zu klein werden würden, und sich leicht, wenn man die Uhr durch den Minutenzeiger stellen wollte, verbiegen würden; dahingegen würde das kleine Bodenrad D größere Zähne erhalten als das Minutenrad, wenn ich 48 Zähne für dasselbe nehme; das Kronrad E, hingegen hat einen richtigen Abfall gegen das kleine Bodenrad D, nur das Steigrad ist wieder zu groß, und müßte deshalb eine starke Feder haben, wodurch die Friction der Uhr aber vermehrt würde.

Bei dem Grundrisse Fig 2. fällt das unrichtige Größenverhältniß der Räder noch mehr in die Augen, indem man nun siehet, daß das Mittelbodenrad, Kronrad, und Steigrad auch zu groß sind, und das Minutenrad zu klein ist. Wenn ich auch die im

Grundrisse angezeigte Berechnung wähle, so würde dennoch die Uhr einen sehr schweren Zug bekommen und mit einer sehr starken Feder nur gangbar zu machen sein.

Der Grundriß Fig. 3. zeigt aber noch mehr das unrichtige Größenverhältniß der Räder, wenn man eine Sekundenberechnung hierzu wählt, die durch das Kronrad die Sekunden zeigen soll, so daß der Sekundenzeiger auf dem Kronradszapfen zu stehen kömmt.

Gebe ich nun diesem Risse beistehende Sekundenberechnung, so wird es selbst der unerfahrenste Uhrmacher einsehen, daß dieser Riß gar nicht anwendbar für eine solche Berechnung sein kann. Ueberhaupt wird sich hieraus ein jeder leicht augenscheinlich überzeugen, daß das Hartmann'sche Größenverhältniß der Räder für Taschenuhren unrichtig werde, und so wie man eine andre Berechnung gewählt, sie uns ganz im Stiche läßt, und höchstens nur zu 3 gehäusigen Uhren brauchbar sei.

Eben so würde es auch mit den Vogler'schen Größenverhältnissen der Räder für eine Taschenuhr der Fall sein, wenn man hierüber auf die Art Proben anstellen wollte, wie ich es hier mit den Hartmann'schen gethan habe, indem auch zu wenig Rücksicht auf die Berechnung ist genommen worden.

Der nämliche Fall findet auch bei den Hartmann'schen und Vogler'schen Größenverhältnissen für Pendeluhren Statt, indem gleichfalls zu wenig Rücksicht auf die Berechnung ist genommen worden.

Nach dem Hartmann'schen Größensysteme, theilet man den Durchmesser des Walzrades in 5 gleiche Theile, und giebt dem Minutenrade 4, dem Mittelrade 3, und dem Steigrade 2 solcher fünf Theile zum Durchmesser.

Das Vogler'sche Größenverhältniß der Räder aber ist dieses: Man theile den Durchmesser des Walzrades in 24 gleiche Theile, hiervon gebe man dem Minutenrade $19\frac{1}{2}$, dem Mittelrade 15, und dem Steigrade 11 solcher 24 Theile zum Durchmesser.

Auch diese beiden Größenverhältnisse sind unrichtig, indem das Minutentrieb kleiner wird als das folgende Trieb, wenn man 96 Zähne im Walzrade, 64 im Minutenrade, 60 im Mittelrade und 30 im Steigrade nehmen würde, und selbige in 8ter Getriebe eingreifen ließe.

Jedem, dem es gefallen sollte, auf diese Angabe eine Uhr zu bauen, wird es, wenn er die Räder eingeschnitten, sehen, daß die Zähne des Minutenrades größer werden als

als die Zähne im Walzrade, und dieses giebt stets dem Räderwerke einen schweren Zug, wenn die untern Getriebe kleiner sind als die obern, welches nicht allein die Erfahrung lehrt, sondern auch durch mechanische Gründe bewiesen werden kann.

Fig. 7. ist ein Grundriß nach der Hartmann'schen Angabe für Pendeluhren.

Diese Abstufung der Räder und Getriebe aber auf festem richtigem Grunde zu suchen, würde ich den Vorschlag thun: nur blos Rücksicht auf die Berechnung zu nehmen und darnach die Größe der Räder zu bestimmen.

Hierzu würde ich nun folgende Regeln vorschlagen: Hätte z. B. das Schneckenrad einer Taschenuhr 50, das Minutenrad 50, das Mittelrad 50, das Kronrad 50, und das Steigrad 13 Zähne, so würde ich einem jeden Rade um 5 bis 6 Zähne Abfall vom vorhergehenden Rade geben, dem Steigrade aber 5 bis 6 Zähne mehr zu seinem Durchmesser, indem ein zu kleiner Zahn im Steigrade viele nachtheilige Folgen bei der Einrichtung des Ganges hat.

Das Minutenrad aber würde ich, wenn es mehr Zähne als das Schneckenrad hätte, gleich groß mit dem Schneckenrade machen, indem es nicht gut ist, wenn das Minutenrad zu nahe an der Schneckenradswelle vorbei geht; wenigstens müßte es nicht viel größer als das Schneckenrad sein, damit das Minutenrad noch vor der Welle des Schneckenrades gehörigen Platz behalte und entfernt bleibe, indem es außerdem öfters viele Ungelegenheiten macht, wenn man das untere Schneckenradsloch ausfüttern muß, zumal wenn das Minutenrad eingesenkt liegt.

Der Grundriß Fig. 4. hat die Größe wie Fig. 1. und ist nach meinem erwähnten Schema aufgezeichnet. Ich habe jedes Rad um 5 Zähne abfallen lassen, und für das Steigrad 5 Zähne mehr zum Durchmesser angenommen. Dieser Grundriß kommt also mit dem Hartmann'schen Risse ziemlich überein; nur das Minutenrad ist größer, und das Steigrad kleiner.

Der Grundriß Fig. 5. giebt aber einen merklichen Unterschied. Ich habe selbigen auch vom Schneckenrade an, um 5 Zähne abfallen lassen, indem dieses ein Riß zu einer flachen schwedischen Uhr sein soll. Diese Uhren verlangen einen starken Abfall der Räder und Getriebe, wenn ein leichter Zug bewerkstelligt werden soll, weil sie die Höhe nicht haben und deshalb durch eine sehr starke Feder nur in Gang zu bringen sind, welches eine nachtheilige Folge für die Kette hat, weil sie wegen der Fläche der Uhr nicht stark sein kann, und deshalb, wenn die Uhr eine starke Feder hat, leicht reißen muß.

Wäre

Wäre die Uhr aber hoch gebauet, so brauchten die Räder nicht einen so starken Abfall von 5 Zähnen, sondern 3, 4, Zähne Abfall wäre nach Beschaffenheit der Höhe der Uhr schon hinreichend, selbst der Hartmann'sche Riß Fig. 2. wäre brauchbarer, wenn man dem Risse eine angemessene Höhe geben würde.

Fig. 6. ist ein Grundriß, welcher Sekunden wie der Hartmann'sche Riß Fig. 3. aus dem Kronrade zeigt; wenn man nun denselben dagegen vergleichet, weil er eben die Berechnung hat, so wird ein jeder leicht einsehen, daß das Mittelbodenrad und Kronrad weit größere Zähne im Hartmann'schen Risse erhalten würde, als das Minutenrad. Ich habe deshalb dem Minutenrade 5 Zähne, dem Mittelrade uud Kronrade aber nur um einen Zahn Abfall gegeben, das Steigrad aber hat zu seinem Durchmesser nur einen Zahn mehr erhalten.

Hieraus folgt nun: daß, wenn die Berechnung selbst eine starke abfallende Differenz von 20 bis 30 Zähnen macht, man nicht viel Zähne zum Abfall der Räder rechnen darf. Z. B. hat das eine Rad 60, das andre folgende Rad 30 bis 40 Zähne, so kann man nicht mehr als 1, 2 Zähne, hat es aber eine abfallende Differenz von 10 bis 20, 2, 3, 4, und beträgt die abfallende Differenz 1 bis 10, 4, 5, 6 Zähne zum Abfall des folgenden Rades nehmen.

Ich glaube, daß dieses Schema wenigstens dafür taugen wird, daß nie ein folgendes Rad größere Zähne bekommen wind, als das vorhergehende, und wollte man die Größenverhältnisse der Räder einer Uhr noch genauer bestimmen, so müßte man die Höhe einer Uhr mit in Anschlag bringen, welches ich aber den Mathematikern überlassen muß, indem ich nur für die praktischen Uhrmacher schreibe, welche doch wohl durch ihre Erfahrungen sich eine Größenabstufung der Räder für eine jede Uhr wählen werden, welche der Größe und Höhe einer Uhr zum vortheilhaftesten sein wird.

Nun aber will ich noch zeigen, wie man die Größenabstufungen der Räder einer Uhr berechnen müsse, und bei dem Grundrisse Fig. 4. den Anfang machen, welcher folgende Berechnung hat.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Schneckenrad | 48 | greift in ein Getriebe von | | | 12 | Triebstäben. |
| Minutenrad | 54 | — | — | — | 6 | — |
| Mittelrad | 48 | — | — | — | 6 | — |
| Kronrad | 48 | — | — | — | 6 | — |
| Steigrad | 15 | — | — | — | — | — |

Da nun das Minutenrad 6 Zähne mehr als das Schneckenrad hat, so würden, wenn ich beide Räder gleich groß machte, die Zähne des Minutenrades um 6 Zähne kleiner werden als die Zähne im Schneckenrade, folglich habe ich nur um 5 Zähne Abfall für das Minutenrad angenommen, und statt 54 Zähne im Minutenrade 49 Zähne gerechnet. Will ich nun wissen, wie sich das Schneckenrad von 48 Zähnen zu dem Minutenrade mit den zum Abfall angenommenen 49 Zähnen verhalte, so giebt dies diesen Aufsatz und folgende Verfahrungsart.

Man suche zwei der nächsten Factoren von den 48 Zähnen des Schneckenrades, diese sind 6 und 8, weil 6mal 8 acht und vierzig ist; dann theile man mit dem niedrigsten Factor den Durchmesser des Schneckenrades, nämlich in 6 gleiche Theile; man kann das Schneckenrad auch in 8 Theile theilen, jedoch ist es besser wenn man den niedrigsten Factor dazu wählt, indem wenn die Dimension der Theilung groß ist, man eher den etwanigen Bruch richtiger eintheilen kann.

Nun sage ich: 48 geben 6 Theile zum Durchmesser des Schneckenrades, wie viele Theile muß ich haben, wenn das Minutenrad 49 Zähne hat. Nun multiplicire ich die beiden Hintersätze 49 mit 6; dann dividire ich die gefundene Zahl mit dem Vordersatze 48 und erhalte zum Quotienten $6\frac{1}{8}$. Also erhält das Minutenrad $6\frac{1}{8}$ solcher 6 Theile, worin der Durchmesser des Schneckenrades ist getheilt worden, zum Durchmesser.

Will ich nun wissen, wie groß ich das Mittelbodenrad machen muß, so suche ich mir wieder die nächsten Factoren von den Zähnen des Minutenrades; dieses Rad hat 54 Zähne und die Factoren hiervon sind 6 und 9, weil $6 \times 9 = 54$ ist; nun theile ich den Durchmesser des Minutenrades wieder in 6 gleiche Theile, und mache das Minutenrad nun zum ersten Satze, und sage: 54 geben 6 Theile zum Durchmesser des Minutenrades, wie viele Theile erhalte ich für das Mittelrad, das 43 Zähne hat. Hier habe ich vom Mittelrade wieder 5 Zähne Abfall angenommen, als das Mittelrad Zähne erhalten soll; diese Aufgabe setze ich nun eben so wieder an, wie die vorigen Aufgaben. 54 geben 6, was 43, Quotient $4\frac{7}{9}$. Also bekommt das Mittelbodenrad $4\frac{7}{9}$ solcher 6 Theile, worin das Minutenrad ist getheilt worden, zum Durchmesser.

Mit dem Mittelbodenrade verfahre ich nun auch so, und suche die Factoren von seinen 48 Zähnen, diese sind 6 und 8 weil $6 \times 8 = 48$ ist. Habe ich nun den Durchmesser des Mittelrades in den Factor 6 getheilt, so rechne ich wieder 5 Zähne Abfall für das Kronrad und nehme wieder 43 statt 48 Zähne im Kronrade, habe ich nun die beiden Hintersätze 6 mit 43 multiplicirt, und mit dem Vordersatze 48 dividirt, so erhalte ich zum Quotienten $5\frac{3}{8}$ solcher 6 Theile zum Durchmesser des Kronrades.

Aus

Aus dem Durchmesser des Kronrades suche ich mir nun wieder den Durchmesser des Steigrades, nur mit dem Unterschiede, daß ich das Steigrad jedesmal um soviel größer in seinem Durchmesser berechne, wie das Kronrad Abfall gehabt hat. Also: statt 15 Zähne im Steigrade, nehme ich 20 Zähne für dasselbe in der Berechnung an; da nun das Kronrad 48 Zähne erhält, so sind die Factoren hiervon auch $6 \times 8 = 48$; theile ich nun den Durchmesser des Kronrades in 6 gleiche Theile, so erhalte ich auf vorerwähnte Methode $2\frac{1}{2}$ solcher 6 Theile des Kronrades zum Durchmesser des Steigrads. Zu mehrerer Uebersicht will ich nun von den 3 Grundrissen Fig. 4, 5, 6, die Berechnung mit ihren Größenabstufungen nach einander folgen lassen:

## Der Grundriß
### Fig. 4. mit 5 Zähnen Abfall.

| | Zähne der Räder | Factor | | | | | | | der Durchmesser der Räder. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Schneckenrad | 48 | 6 | 48 | geben | 6 | was | 49 | Quotient | $6\frac{1}{8}$ für das Minutenrad. |
| Minutenrad | 54 | 6 | 54 | — | 6 | — | 43 | — | $4\frac{7}{9}$ für das Mittelrad. |
| Mittelrad | 48 | 6 | 48 | — | 6 | — | 43 | — | $5\frac{3}{8}$ für das Kronrad. |
| Kronrad | 48 | 6 | 48 | — | 6 | — | 20 | — | $2\frac{1}{2}$ für das Steigrad. |
| Steigrad | 15 | — | — | — | — | | — | — | |
| | | | Grundriß Fig. 5. mit 5 Zähnen Abfall. | | | | | | |
| Schneckenrad | 60 | 6 | 60 | geben | 6 | was | 55 | Quotient | $5\frac{1}{2}$ für das Minutenrad. |
| Minutenrad | 60 | 6 | 60 | — | 6 | — | 45 | — | $4\frac{1}{2}$ für das Mittelrad. |
| Mittelrad | 50 | 5 | 50 | — | 5 | — | 45 | — | $4\frac{1}{2}$ für das Kronrad. |
| Kronrad | 50 | 5 | 50 | — | 5 | — | 18 | — | $1\frac{4}{5}$ für das Steigrad. |
| Steigrad | 13 | — | — | — | — | — | — | — | |

Der

## Der Grundriß Fig. 6.

mit 5 Zähnen Abfall für das Minutenrad, und einem Zahn Abfall für das Mittelrad und Kronrad; das Steigrad erhält aber nur 1 Zahn mehr in der Berechnung zu seinem Durchmesser.

| | Zähne der Räder | Factor | | der Durchmesser der Räder. |
|---|---|---|---|---|
| Schneckenrad | 60 | 6 | 60 geben 6 was 55 Quotient | $5\frac{1}{2}$ für das Minutenrad. |
| Minutenrad | 60 | 6 | 60 geben 6 — 35 — | $3\frac{1}{2}$ für das Mittelrad. |
| Mittelrad | 36 | 6 | 36 — 6 — 35 — | $5\frac{5}{6}$ für das Kronrad. |
| Kronrad | 36 | 6 | 36 — 6 — 16 — | $2\frac{2}{3}$ für das Steigrad. |
| Steigrad | 15 | — | — — — — — — | |

Die Sekundenberechnung Fig. 6. habe ich deshalb gewählt, um das Verfahren zu zeigen, wenn die Berechnung schon eine große abfallende Differenz macht, auch wäre dieser Riß mit seiner Berechnung nur anwendbar, wenn das Kronrad im Centrum des Boden stände, so daß das Federhaus neben dem Kronrade vorbei gehen muß, so wie es bei den großen flachen schwedischen Sekundenuhren der Fall ist.

Auch habe ich das Federhaus bei den Rissen Fig. 5, 6 deshalb so groß wie möglich angenommen, weil ein großes Federhaus und eine große Schnecke der Feder einen reineren Zug giebt.

Dem Hartmann'schen Grundrisse Fig. 7. für eine Pendeluhr, habe ich auch einen Riß für eine Pendeluhr Fig. 8. zur Seite gesetzt, mit 4 Zähnen Abfall für ein jedes Rad; die Berechnung ist ebenfalls dieselbe, wie bei den vorerwähnten Taschenuhren, jedoch will ich sie noch mit beifügen.

## Fig. 8.

ein Grundriß für eine Pendeluhr mit 4 Zähnen Abfall.

| | Zähne der Räder | Factor | | der Durchmesser der Räder. |
|---|---|---|---|---|
| Walzrad | 96 | 8 | 96 geben 8 was 60 Quotient | 5 für das Minutenrad. |
| Minutenrad | 64 | 8 | 64 — 8 — 56 — | 7 für das Mittelrad. |
| Mittelrad | 60 | 6 | 60 — 6 — 56 — | $5\frac{3}{5}$ für das Steigrad. |
| Steigrad | 30 | — | — — — — — — | |

Hiebei

Hierbei habe ich nun noch zu erinnern, daß man bei Pendeluhren und Taschenuhren mit dem Zylinder oder Stiftengange jedesmal im Steigrade so viele Zähne in der Berechnung annehmen muß, als das vorhergegangene Rad Zähne haben soll; nur wird der jedesmalige angenommene Abfall des letzten Rades davon abgezogen, folglich habe ich auch statt 60 Zähne, welche das Mittelrad hatte, wieder 56 für das Steigrad im Hintersatze angenommen.

Um meinen Vorschlag die Größenverhältnisse der Räder einer Uhr betreffend noch näher beurtheilen zu können, habe ich Fig. 9. noch einen Grundriß für eine Taschenuhr mit dem Zylinder oder Stiftengange beigefügt und folgende Räderabstufung gewählt, dem Minutenrade 5 Zähne, den übrigen aber 4 Zähne zu ihrem Abfall gegeben.

Aus diesen sehr verschiedenen Grundrissen und Berechnungen der Uhren, glaube ich, wird ein jeder sehen, daß die Größenverhältnisse für die Räder einer Uhr richtiger sind, als die von dem Herrn Hartmann und Vogler, indem sie sich lediglich auf die Berechnung der Räder einer Uhr gründen.

Nun müßte ich freilich noch vieles über die Größe des Durchmessers der Unruhe einer Uhr sagen, allein hierin ist mir Herr Geißler in seinen Uebersetzungen von dem Herrn Berthoud schon zuvorgekommen, und hat in seinem Werke: der Uhrmacher, hierüber sehr ausführlich geschrieben.

Auch muß ich noch erinnern, daß ich mich deshalb soviel wie möglich aller mathematischen Kunstwörter und Berechnungsarten enthalten habe, um für jeden, soviel es in meinen Kräften stand, deutlich zu sein, indem die meisten praktischen Uhrmacher keine mathematische Kenntnisse besitzen.

---

## XX.

## Beschreibung eines kurzen Pendulum, welches Sekunden vibrirt; von Herrn Robert Leslie.

---

A A Fig. 1. Taf. VI. sind zwei Gewichte, welche von irgend einer Gestalt oder Größe sein können. B ist eine Stange, welche sie beide mit einander verbunden trägt, und an

zwei Federn C, C aufgehangen ist, deren obere Feder durch die Stange D geht, und damit auf die nämliche Art verbunden sind, wie die Pendeln gemeiner Uhren aufgehangen werden. Die Stange D ist an die hintere Platte der Uhr angeschraubt, und die Federn C, C können einander genähert oder entfernt werden, wenn man die Schraube E anzieht, an deren einem Ende eine rechte, an dem andern Ende aber eine linke Schraube angeschnitten ist.

Dieses Pendulum kann an eine Uhr von irgend einer Größe, und mit jeder Art von Hemmung angebracht werden; es erhält eine horizontale Bewegung von der Uhr, indem die Gabel an der Spindel gegen eine der Federn C, C, oder gegen einen an die Stange B zu dieser Absicht befestigten Draht gerichtet wird, indeß es gegen jede andre Bewegung als die horizontale kreisförmige vermöge des kleinen stählernen Stifts in der Feder F gesichert wird, welche an einem Ende an dem Boden des Uhrgehäuses befestiget wird, der Stift am andern Ende aber in einem kegelförmigen Loche unterhalb der Stange B liegt.

Um die Uhr geschwinder zu reguliren, dürfen blos die Federn C, C weiter von einander geschraubt werden, und soll sie langsamer gehen, so geschieht gerade das Gegentheil, so wie denn, wenn die Schraube E, und derjenige Theil der Stange B, welche zwischen den Federn C, C ist, von Messing sind, der übrige Theil aber von Eisen, man alle Eigenschaften eines zusammengesetzten oder Röstpendulum erhält.

Die Vortheile, welche dieses Pendulum vor allen andern solchen besitzt, welche zwei- oder mehreremale innerhalb einer Sekunde vibriren, sind

1) daß es nur halb soviel Anreibung an der Hemmung erleidet

2) daß der Widerstand der Luft nur halb so groß ist,

3) daß eine solche Uhr ein Pendulum von einer viermal größern Schwere in Bewegung setzen kann;

4) ist es sehr bequem, daß es an Uhren von jeder Größe und Höhe von drei Zoll an gerechnet, angebracht werden kann, und solchemnach irgend eine kleine tragbare Uhr nach dieser Bauart, Sekunden eben so deutlich vibriren und zeigen wird, als irgend eine von welcher Größe sie auch sei.

---

## XXI.

## Herrn Robert Leslie Beschreibung seiner Seetaschenuhr.

Da das Zifferblatt, und das Verfahren der Unruhe die Bewegung zu geben, blos dasjenige ist, worin diese Uhr von andern abweicht, so wird eine Beschreibung der übrigen Theile nicht weiter erforderlich sein.

Fig. 2. Taf. VI. bestimmt die Lage des großen Rades, und der zwei Mittelpunktstriebe; 80 ist das Rad, 10 und 10 die Triebe.

Fig. 3. ist das Zifferblatt, worauf zwei Kreise für die Stunden und Minuten sich befinden; ein andrer Kreis ist für die Sekunden, und noch einer für die Tage des Monats, der Ebbe und Fluth, oder zu irgend einer anderweitigen Bestimmung.

Fig. 4. und 5. stellt das Verfahren vor, um der Unruhe die Bewegung ohne Antreibung zu geben. Dies kann vermittelst irgend einer Hemmung geschehen; in der Vorstellung selbst ist eine horizontale angegeben, allein ohne das gewöhnliche Rad oder den Zylinder; die nämlichen Buchstaben haben auf beide Figuren Bezug *).

A ist das Rad; B, B die zwei Ränder oder Lappen des angenommenen Zylinders, worauf die Zähne des Rades auf gewöhnliche Art wirken; C ist ein Arm oder Hebel, welcher an dem einen Ende des Zylinders befestiget ist, dessen ein Ende aufwärts gebogen worden, und durch eine Oefnung in der Platte D geht; an dieser Gegend ist gleichfalls eine Oefnung am Ende des Hebels, in welche die Feder des Pendulum oder der Unruhe, ohngefähr in der Entfernung eines Umgangs von dessen äußern Ende eingelegt wird, wo sie vermittelst eines Stifts befestiget wird. Das innere Ende



*) Diese Hemmung, die hier weiter nicht beschrieben worden, ist, nach der Zeichnung zu urtheilen, eine sehr alte, die ich aber nirgends beschrieben gefunden. Mein Freund, Herr Prasse, erinnerte sich derselben sogleich, und machte auch sogleich den Versuch damit an einer von meinen eigenen Uhren, deren Hauptfeder von außerordentlich ungleichem Zuge war, und daher auch beträchtliche Fehler im Gange dieser Uhr bewirkte. Durch diese Hemmung aber geht sie bereits seit einem Jahre ununterbrochen regelmäßig. Ich werde sie bei nächster Gelegenheit näher beschreiben. G.

der Feder wird an dem Putzen der Spindel auf gewöhnliche Art, und das äußere Ende an dem Spiralfederklöbchen auf der Platte befestiget; so daß, wenn der Hebel in Bewegung gesetzt wird, der äußere Umgang der Feder die nämliche Bewegung erhält, die denn durch jeden Umgang derselben bis zum Mittelpunkte geht, und da sie hier mit der Unruhe selbst verbunden ist, diese zugleich die Bewegung erhält. Ob nun aber schon die Bewegung des Hebels nicht der sechste Theil eines Kreises ist, so wird jedoch die Bewegung der Unruhe mehr als einen ganzen Umgang betragen, da sie den Antrieb ganz von der Wirkung oder Elasticität der Feder des Pendulum oder der Unruhe erhält, wo keine Anreibung Statt findet. Da nun die Spindel der Unruhe keine Art von Lappen hat, worauf die Wirkung von irgend einem Rade der Uhr geschieht, so erfolgt schlechterdings keine andre Anreibung als die von ihren eigenen Zapfen, so daß, wenn die Zapfenlöcher in Juwelen sind, eine geringe Bewegung vermittelst einer schwachen Hauptfeder im Stande sein wird, eine beträchtlich schwere Unruhe einen und einen halben Umgang machen zu lassen. Die Regulirung der Uhr kann auf gewöhnliche Art vermittelst einer äußerlich angebrachten Krümmung geschehen.

Die Vorzüge, welche dieses Verfahren vor jedem andern hat, der Unruhe die Bewegung zu geben, sind:

1. Daß sie den Antrieb ohne alle Anreibung erhält.

2. Daß, da das Rad keine Verbindung mit der Unruhspindel hat, so sind alle Anhaltungsmittel völlig unnöthig, denn sollte sich auch die Unruhe zwei- oder mehrere male herumdrehen, so kann von daher doch keine üble Wirkung erfolgen, auch kann irgend eine außerordentliche Bewegung die Feder nicht aufhalten, so daß die Uhr stehen bleiben müsse.

3. Fallen die übeln Wirkungen, die bei andern Taschenuhren Statt haben, wenn sie verschiedenen Lagen ausgesetzt, oder wenn sie bald auf dieser Seite bald auf jener getragen werden, (als welches macht, daß die Schwere der Unruhe den Lappen und das Rad, welches darauf wirkt, näher oder entfernter gegen einander bringt, und so folglich einen größern oder geringern Antrieb bewirkt) ganz weg, da das Rad nicht in der geringsten Verbindung mit der Unruhe oder ihrer Spindel steht.

Das Zifferblatt ist besonders bequem eingerichtet, da es zwei besondere Kreise für die Stunden und Minuten nebst den dazu erforderlichen Zeigern hat; jedes kann für sich besonders gestellt werden, ohne daß das andre hiedurch verrückt wird. So daß, wenn eines auf die Zeit gestellt wird, wenn man von einem Orte absegelt, ohne während der

der Reise verrückt zu werden, und das andre auf die Zeit des Orts, wo eine Beobachtung geschieht, der Unterschied der Länge sogleich unmittelbar sich ergiebt, und man daher blos vier Minuten auf einen Grad rechnen darf; nehme man z. B. den Unterschied zu 5 Stunden an, zwischen London und Philadelphia, und die Uhr werde auf die Zeit von Philadelphia gestellt, und denn auf die von London gebracht, so werden die Zeiger stehen, wie in der Verzeichnung angegeben worden, wo diejenigen linker Hand die Zeit von Philadelphia, und diejenigen rechter Hand von London. Ein Zeiger für die Zeit der Ebbe und Fluth kann unter denjenigen kommen, welcher die Stunden rechter Hand zeigt, oder (wie vorher erwähnet worden) an dem untersten kleinen Kreise, welcher oberhalb Fluth, unterhalb Ebbe, rechter Hand halbe Ebbe, und linker Hand halbe Fluth angiebt. Ohnerachtet der scheinbaren großen Verwickelung wird man bei näherer Untersuchung doch bald finden, daß diese Einrichtung so einfach ist, daß auf keine Art der Gang der Uhr gestört wird, oder daß irgend eine Unbequemlichkeit Statt habe.

## XXII.

## Beschreibung von zwei Pendeln und einer Uhr, deren Gang unmittelbar von dem Steigrade gegen die Axe der Pendelstange unterhalten wird; von Herrn Joh. Crosthweite, Uhrmacher zu Dublin.

Fig. 7. Taf. VI. stellt ein Pendulum nach einem sehr einfachen Verfahren der Kompensation vor, dessen Gang seit 18 Jahren unter einer sehr ungünstigen Lage doch ungleich genauer gewesen ist, als eigentlich erwartet werden konnte; denn die ersten 10 Jahre war diese Lage an einer Scheidewand, 3 Fuß von der äußern Mauer, und um eben soviel von einer Thüre, deren öfters verursachte Erschütterung sehr auf die Vibrationen gewirkt haben muß, und die letztern 8 Jahre war die Lage an der äußern Mauer ohngefähr 3 Fuß von der Straße, die, ob sie schon ungleich vortheilhafter als erstere war, doch aber Einfluß auf den Isochronismus haben mußte, welcher nothwendig von den Wagen litte, welche beständig vorbeifuhren.

A und B sind zwei Stangen von einerlei Stahl zu einerlei Zeit geschmiedet, von einerlei Härte, und in jeder Rücksicht einander gleich. Oberhalb der Stange B befindet sich ein Winkelstück C, und unterhalb ruht sie auf einem Absatze von Stahl D, welcher an einer starken Marmorplatte E befestiget ist, welche genau in die Mauer F eingelassen worden; übrigens kann sich diese Stange frei oberhalb zwischen Gabeln von Messing 1, 2, 3, 4 ausdehnen, in denen sie mit gehörigem Spielraume inne liegt, wornach denn auch diese Gabeln mit allem Fleiße bearbeitet worden sind. An der andern Stange ist an ihrem Mittelpunkte die Linse G, 24 Pfund schwer, befestiget, ob sie schon eigentlich etwas unterhalb demselben stehen sollte; dieses Pendulum hängt an einer kurzen stählernen Feder an dem Winkelstücke bei C, welches alles mit der Uhr selbst in keiner Verbindung steht. Hinter der Uhrplatte I sind zwei beinahe zykloidalische Backen bei K, und genau in einer Linie mit dem Mittelpunkte der Stange L fest angeschraubt. Die unterhaltende Kraft ist vermittelst eines zylindrischen stählernen Stifts, so wie gewöhnlicher Weise für die Regulatoren, bei M angebracht.

Man sieht also hieraus, daß irgend eine Ausdehnung oder Zusammenziehung, welche in irgend einer dieser genau gleichähnlichen Stangen Statt haben sollte, vermöge der andern sogleich wieder in Gleichgewicht gesetzt wird; dahingegen bei allen Kompensationspendeln, die aus verschiedenen Materien zusammengesetzt werden, so genau die Berechnung und Bearbeitung dieserwegen auch sein dürfte, dies nie der Fall sein wird, indem nicht nur verschiedene Metalle, sondern selbst auch verschiedene Stangen von einerlei Metalle, die nicht zu einerlei Zeit und auf einerlei Art bearbeitet worden sind, vermöge eines guten Pyrometers gefunden werden, daß sie in ihren Graden der Ausdehnung und Zusammenziehung wesentlich von einander abweichen, und solchemnach irgend eine Veränderung auf die eine, aber nicht auf die andre Einfluß hat. Dies wird freilich jederzeit durch das Pyrometer untersucht, und dem zufolge durch Hämmern und Feilen nachgeholfen, indeß erfordert es doch immer viel Zeit, Unkosten und ein sehr genaues dazu eingerichtetes Instrument. Man sieht also wohl ein, daß, wenn ungleichähnliche Stangen angewendet werden, um einander entgegen zu wirken, bei sehr empfindlichen Stangen Unordnungen Statt finden werden, ehe noch bei solchen, welche weniger empfänglich sind, ein Ersatz geschehen, und daß dieser Ersatz, oder diese Kompensation noch eine geraume Zeit nach der Gelegenheitsursache fortdauert, die dagegen wirkt, so daß in unsrer Gegend, wo die Temperatur der Atmosphäre solchen verschiedenen und plötzlichen Veränderungen unterworfen ist, wenn man sich der Kompensationen bedient, diese schlechterdings von einerlei Materialien als diejenigen der Pendelstangen angewendet werden sollten, so wie sie zugleich genau der Luft auf einerlei Art ausgesetzt sein müssen.

## Beschreibung des Pendulum, welches auf einem Diamant sich bewegt.

Die Linse A Fig. 8. hält 7 Zoll im Durchmesser, sie ist von Blei, welches geschmolzen in Linsengestalt gegossen und nach allen Lagen abgewogen wird, dieserwegen sie denn nachher sowohl auf ihrer Fläche als nach ihrem Umkreise abgedrehet wird, damit der Mittelpunkt ihrer Schwere genau mit der Axe der Pendelstange zusammenfalle. Eine Platte von Messing, ohngefähr ½ Zoll stark, 3½ Zoll lang, und 2 Zoll breit, wird in das Blei eingelassen, so daß sie mit der Oberfläche eben liegt, welche sodann mit vier Schrauben b b b b mit versenkten Köpfen, so daß sie auf der Platte nicht vorstehen, aufgeschraubt wird. Auf der untern Seite dieser messingenen Platte wird ein Kanal gemacht, in welchen die Pendelstange eingelegt wird, welche genau über dem Mittelpunkt der Linse liegen muß. Diese Linse muß nie verändert werden, nachdem der Gang der Uhr in die Zeit eingerichtet worden ist. Die Stange c c wird von Rotheibenholze gemacht, nachdem es zuerst getrocknet, und sodann in Leinöl eine beträchtliche Zeit gekocht worden ist, worauf sie lackirt wird. Oberhalb wird damit ein unregelmäßiges Achtek verbunden, in welches eine Oefnung gemacht worden, welche ohngefähr die Gestalt eines U erhält; in dieses Achtek wird genau durch die Mitte der Länge nach eine Ofnung gebohrt, welche den Theil d von hartem gegossenen Stahl aufnimmt, um welchen viereckig der Bund von Messing e gelegt wird; der Theil d geht bis f, wo er vermittelst einer Schraube befestiget wird, die sich oberhalb in dem Achtecke einlegt; bei g erhält dieser Theil eine regelmäßig und genau abgedrehte kegelförmige Spitze, worauf das ganze Pendulum ruhet und sich bewegt, unter welcher endlich ein breiter Diamant liegt, welcher in einem Stücke Stahl h liegt, das vermittelst drei Stellschrauben i i i, die dadurch gehen, seine gehörige Richtung erhalten kann. Das Ende dieser Schraube ist abgerundet, und liegt in dazu eingerichteten Lagern eines stählernen Theils k, welches ohngefähr eine Breite von $\frac{7}{10}$ eines Zolls oberwärts hat, unterwärts aber abgerundet ist; dieser Theil ist fest in einer Marmorplatte l eingelassen, welche mit der Mauer verbunden wird, und so, daß genau der stählerne Theil k durch die hintere Platte des Gehäuses der Uhr geht; das Pendulum selbst ist ganz von der Uhr abgesondert, und hängt auf dem Diamant, so wie die ganze Vorrichtung desselben mit der Mauer verbunden ist. Ohne Verbindung mit der Uhr vibrirte das Pendulum frei, und als einfaches Pendulum 27 Stunden lang. Die unterhaltende Kraft nahm ich vom Gehwerke vermittelst eines gehörig gehärteten und polirten stählernen Zylinders, im Durchmesser $\frac{1}{12}$ eines Zolls, welcher fest an die Gabel durch die Oefnung in dem messingenen Bunde m geschraubt wurde; in dieser Oefnung befestigte ich zwei Theile von Sapphir, deren Durchschnitt beistehende Figur macht, oder ein liegendes nachdem die zylindrischen Seiten, auf welche der gehärtete oben erwähnte stählerne Zylinder wirkt, gehörig polirt wor-

worden sind, und solchemnach die Berührung blos auf einen Punkt geschieht. Hinterwärts auf jeden solchen Theil von Sapphir habe ich zwei Schrauben n n angebracht, welche durch den messingenen Bund m gehen, der die Pendelstange genau umschließt. Vermöge dieser Schrauben werden die Theile von Sapphir genau nach dem stählernen Zylinder gestellt, so daß die Kraft ohne Stoß oder Verlust und genau in der Linie der Mittelpunkte der Oscillation, der Schwere und der Aufhängung wirkt.

## Beschreibung einer Uhr, an welcher die unterhaltende Kraft unmittelbar vor dem Steigrade gegen die Axe der Pendelstange angebracht worden, ohne Gabel oder irgend ein ähnliches Hülfsmittel.

Ich machte einen Einschnitt in die Pendelstange, etwas tiefer als ihre Axe Fig. 9. und 10. in welchen ich bei o auf einer messingenen Platte vermittelst Schrauben zwei Lappen p und q befestigte, deren Gestalt ich bei r nach einem größern Maaßstabe gezeichnet habe, und vermöge des Hemmungs- oder Steigrades s, welches Stifte 1, 2, 3, 4, 5, 6 u. s. f. anstatt der Zähne hat, und von sehr hart geschlagenem Messing verfertiget worden, bewirkte ich die unterhaltende Kraft genau in der Linie der Mittelpunkte der Größe, der Oscillation, der Aufhängung, der Bewegung und der Schwere. Dies scheint mir das einfachste und vollkommenste Verfahren der Anwendung der unterhaltenden Kraft für ein Pendulum zu sein, worauf vielleicht noch niemand verfallen sein dürfte; welches, wenn es in aller Vollkommenheit vermittelst Lappen von Rubin oder Sapphir ausgeführt wird, und die Stifte von gut gehärtetem Stahle vollkommen eingesetzt werden, desgleichen der Punkt der Aufhängung keiner Aenderung unterworfen, und die unterhaltende Kraft vollkommen gleichförmig ist, vielleicht die schönsten Versuche erlaubt, welche mit verschiedenen Pendeln angestellt werden können.

Als ich meine Uhr, die ich auf diese Art gemacht hatte, einem einsichtsvollen Manne aus London zeigte; so sagte er mir, daß er eine, nach den nämlichen Grundsätzen gebauet, in England gesehen habe. Ich gieng dahin, und fand auch wirklich etwas ähnliches, allein der Verfertiger derselben hatte meine Absicht dabei nicht erreicht, da er die Kraft nicht gegen den Mittelpunkt der Stange, sondern gegen die äußere Seite derselben gerichtet hatte, auf welche Art viel Kraft verloren gieng, und der übrige Theil dem Pendulum eine wellenförmige Bewegung mittheilte, welche nebst der beträchtlichen Anreibung den Isochronismus nothwendig ganz vernichten mußte.

Seit

Seit dieser Zeit habe ich noch eine andre sehr einfache Uhr gebaut, in welcher ich das Pendulum unter rechten Winkeln mit der Fläche des Steigrads vibriren ließ; dieses Verfahren verspricht, besonders bei großen Uhren, verschiedene wesentliche Vortheile.

## XXIII.

## Beschreibung eines Pendulum nach einer neuen Bauart, von Herrn J. Pinne.

Die große Schwierigkeit, verschiedene Metalle anzuwenden, die einander entgegen wirken, welches nur allein durch eine lange Reihe von Versuchen geschehen kann, erhöht die Unkosten eines Rostpendulum so sehr, daß ihre Anwendung, ausser in vorzüglich wichtigen Fällen, nothwendig unterbleiben muß. Dieses verleitete mich denn zu dem Gedanken, ob vielleicht ein einfaches Verfahren blos vermittelst eines einzigen Metalls nach folgender Theorie Dienste leisten dürfte; nämlich daß, wenn zwei Stücke von einerlei Metall erhalten werden könnten, die in jeder Rücksicht einander ähnlich wären, sie sich nach einerlei Verhältniß ausdehnen oder verkürzen würden, wenn sie zu einerlei Zeit dem nämlichen Grade von Wärme oder Kälte ausgesetzt werden. Zufolge dieses Grundsatzes ließ ich denn zwei eiserne Stangen von einerlei starken Eisendrahte abhauen, der, nachdem er durch einerlei Oefnung gezogen worden, wahrscheinlich eine gleiche Menge an Metall u. s. f. enthalten durfte. Am Ende eines jeden hatte ich ein Stück von einer Stahlfeder befestiget, wie man sich an gewöhnlichen Pendeln bedient, und an der Rückseite des Uhrgehäuses, welches von Mahagonyholze ist, befestigte ich eine messingene Platte, welche zwei messingene Backen hatte, die daran genietet worden, wie Taf. VI Fig. 6. A A, deren jeder eine aufrechtstehende eiserne Spille von ohngefähr 4 bis 5 Zoll länge trug, um welche ein spiralförmiger Federdraht gewunden worden, quer über welche und oberhalb der Federn ein Querriegel gelegt wurde, der mit B bezeichnet worden.

An dem Mittelpunkte des Querriegels an der Rückseite desselben hängt eine der obigen Stangen auf die nämliche Art, wie Pendeln insgemein aufgehangen werden; das andre Ende derselben aber ist an das Uhrgehäuse vermittelst eines Stücks Messing befestiget, wodurch sie geht, welches zuerst an das Gehäuse bei D geschraubt, und innerhalb demselben vermittelst einer Schraube befestiget wird, welche sie fest andrückt. Auf diese Art kann denn der Punkt der Befestigung leicht verändert werden, so daß er jederzeit in der länge mit dem Pendulum übereinstimmt.

Man sieht leicht, daß der Querriegel B jederzeit ein Bestreben nach oberhalb wegen den Federn haben werde, welches aber von der Stange gehindert wird, und daß folglich, so wie sie sich ausdehnt, oder verkürzt, dieser Riegel steigen oder fallen werde. An der andern Seite desselben ist die andre Stange gehangen, welche die Linse trägt, und solchergestalt das Pendulum macht, indessen ist zugleich ein Stück Messing C an die Platte unter einer gehörigen Entfernung unter der Aufhängungsstange geschraubt, wie es bei einer Pendeluhr gebräuchlich ist, in dessen Einschnitt die Feder des Pendulum gelegt wird, und solchemnach den Punkt der Vibration bestimmt. Gleichfalls ist auch die Linse an der Stange in dem Mittelpunkte E, nicht aber am Boden befestiget, so daß sie sich solchemnach gleichmäßig in jeder Richtung ausdehnen kann.

Die Länge des Pendulum von dem Punkte der Aufhängung bis zum Mittelpunkte der Linse muß, soviel als möglich, derjenigen genau gleich sein, wo die Regulirungsstange vermittelst der Schraube befestiget wird, indessen hat man aber nicht gefunden, daß eine geringe Abweichung auf die Zeit einen merklichen Einfluß äußere. Wird nun das Pendulum durch die Wärme von dem Punkte der Vibration C verlängert, so wird auch gleichfalls die Stange verlängert werden, und durch die Wirkung der spiralförmigen Federn die Aufhängungsstange heben, so daß der Abstand von dem Punkte der Vibration bis zum Mittelpunkte der Linse des Pendulum einerlei sein wird, als ob gar keine Ausdehnung Statt gefunden hätte. Ein solches Pendulum kann für $1\frac{1}{2}$ Guineen oder 2 Guineen gebaut, und an eine bereits fertige Uhr mit gleicher Wirkung wie ein Rostpendulum angebracht werden, welches von 12 bis 25 Guineen kostet.

Ich habe einen Regulator, welcher nach diesem Grundsatze gebauet worden, gegen 4 bis 5 Jahre gehabt, ohne daß ich nach der strengsten Beobachtung eine Veränderung in der Zeit hätte bemerken können. Ich verband damit einen Zeiger, welcher die durch Hitze und Kälte verursachte Veränderung in der wirklichen Länge der Stangen bemerkte, und auf diese Art ein Metallthermometer von so empfindlicher Natur machte, daß bei Oefnung des Gehäuses in sehr kaltem Wetter man eine Veränderung von 4 Graden in weniger als einer Minute bemerkte. Indessen verursachte weder diese, noch die strengste Kälte im letzten Winter, noch die außerordentliche Wärme eines Treibhauses in einem unserer heißesten Sommertagen irgend eine merkliche Veränderung in der Zeit, welche die Uhr hielt.

---

In Rücksicht dieser Vorkehrung zu Regulirung einer Pendelstange will ich indessen noch die Bemerkungen eines andern Mechanikers hierüber beifügen, der sie minder fehlerfrei findet.

Es

Es sei a c Taf. VI. Fig. 15. die Kompensationsstange, a b die Verbindungsstange, und b d die Pendelstange. Nach Herrn Pinne's Grundsatze wird denn, da die Stange a c bei g befestiget ist, ihre Verlängerung oder Verkürzung blos den Punkt a treffen, und folglich die Verbindungsstange a b sowohl als die Pendelstange b d heben oder senken; allein da die Pendelstange selbst sich gleichmäßig mit der Stange a c ausdehnt oder verkürzt, so ist offenbar, daß die Linse d jederzeit auf dem nämlichen Punkte verbleiben wird, welcher vollkommen genau ist. Um nun das Pendulum beständig unter der nämlichen Länge zu erhalten, legt er ein festes Lager in der Richtung der punktirten Linie e f unter, wodurch die Feder des Pendulum geht, so daß die Ausdehnung oder Verkürzung über diesem Lager Statt findet. Dies würde auch offenbar die verlangte Wirkung leisten, wenn es irgend ein Verfahren gäbe, zwei unveränderliche Punkte e und g sicher zu erhalten; allein wenn dieses sein könnte, so sieht man leicht, daß alsdenn die Kompensation unnöthig wäre, denn es würde jetzt blos erforderlich sein, die nämliche Substanz anzuwenden, welche die Punkte e und g verbindet, um daraus die Pendelstange selbst zu machen.

Ich beschuldige auf keine Art die Wahrheitsliebe des Herrn Pinne, wenn er einen vollkommen gleichförmigen Gang seiner Uhr anführt, allein man sieht denn doch auch leicht, daß er in seinen Beobachtungen nicht genau genug gewesen sein müsse. Da die Substanz, deren er sich bedienet, um die Punkte e und g zu vereinigen, Mahagonyholz ist, und wahrscheinlich geradspaltig und vollkommen trocken, so ist die Veränderung in der Länge in der That nicht sehr beträchtlich, und kann daher gewissermaßen seiner vorgefaßten Meinung zu Statten kommen; allein man sieht auch, daß eine Pendelstange von dem nämlichen Mahagonyholze jeder Wirkung entsprochen haben würde, die er durch seine Maschinerie erhalten.

Eine gleichmäßig trügerische Kompensation wie obige, da sie sich ganz auf den nämlichen Grundsatz stützt, führt eben dieser Mechaniker an, ist diejenige, deren ich N. XXII. erwähnet habe, und aus den Transaktionen der Königlich Irrländischen Akademie genommen worden, so daß sie die Irrländische Kompensation genennt werden könnte. Besser bleibt daher immer diejenige einfache Kompensations-Vorrichtung, deren ich hier noch in N. X. von Berthoud entlehnet habe.

## XXIV.

## Herr Charles Haley's neue Hemmung für See- und Taschen-Zeitmesser; nach dem darüber ertheilten Patente von 17. Aug. 1796.

Der Nutzen dieser Erfindung besteht darin, um der Unruhe eine unveränderliche und gleichförmige Kraft ohnerachtet der Unvollkommenheiten der Hauptfeder und des Zugs der Räder mitzutheilen, wodurch insgemein die Bewegung erhalten wird. Dies geschieht auf die vollkommenste und einfachste Art durch eine Zwischenfeder vermittelst einer neuen Vorkehrung zwischen dem Steigrade und der Unruhe, wodurch das gewöhnliche Gehwerk innerhalb einer Minute 150 mal aufgewunden wird; und da in einer Reihe von 9000 Vibrationen stündlich 150 Vibrationen in einer Minute erfolgen, so wird genau eben so oft die Unruhe von der Ersatzfeder getrieben, wie in der Folge umständlicher beschrieben werden wird.

Fig. 11. und 12. Taf. VI. stellen die Haupttheile des Movements vor, welche unmittelbar mit dieser neuen Erfindung in Verbindung stehen, und wo einerlei Buchstaben auf beide Bezug haben, so daß beim Lesen der Beschreibung das Auge von einer Figur auf die andre gewendet werden kann.

A B ist die Hinterplatte der Uhr, und T die Unruhe; die Zapfen der Spindel oder Welle derselben P X laufen in dem Stege C und dem Kloben D; über der Unruhe T ist eine Pendelfeder S auf gewöhnliche Art durch Einlegung und Verkeilung des obern Endes der Feder in einen auf den Unruhkloben geschraubten Theil befestiget; das untere Ende aber in einen Theil, welcher an die Spindel unmittelbar über der Unruhe gedrange angeschoben wird. Unter der Unruhe und an der Welle der Spindel, welche ein schwacher dichter Zylinder ist, befinden sich zwei kleine stählerne Putzen I und K, welche gedrange an der Welle liegen, und gewendet werden können, so daß sie irgend eine Lage erhalten, als erforderlich ist; jeder Putzen hat einen daran befestigten Lappen von Rubin, welcher etwas über die Oberflächen desselben vorragt. Ich nenne I den Aushebungslappen und K den Antriebslappen: es ist daher offenbar, daß wenn man die Unruhe noch so wenig vibriren läßt, die Pendelfeder S, und die Lappen I und K gleichfalls damit vor- und rückwärts vibriren werden. E ist das Steigrad von gewöhnlicher Form, welches frei über der obern Fläche der hintern Uhrplatte lauft; der obere Zapfen desselben lauft in einem Stege F, welcher auf die nämliche Seite der hintern Uhrplatte geschraubt wird; der untere Zapfen derselben lauft gleichfalls in einem Stege G, wel-

cher

cher auf die untere Seite der nämlichen Platte geschraubt wird. W V ist die Welle der Zwischenfeder R und die Vorkehrung zu diesem Behufe, nach meiner neuen Erfindung; die Welle ist ein schwacher dichter Zylinder, und ihr oberer Zapfen liegt in einem Stege H, welcher auf die hintere Uhrplatte geschraubt wird, der untere Zapfen V aber in einem andern Stege D, welcher auf die untere Seite der nämlichen Platte geschraubt worden. Diese Welle liegt gerade zwischen dem Steigrade und der Spindel, folglich haben die Welle der Unruhe oder die Spindel P X, die Welle der Erneuerungsfeder W V und das Steigrad E ihre Mittelpunkte alle in der nämlichen geraden Linie A B Fig. 2.

An der Welle der Erneuerungsfeder, und auf der nämlichen Fläche mit dem Steigrade E befindet sich der runde stählerne Lappen M; er ist genau so groß, daß er sich herumdrehen kann, ohne die Spitzen der Zähne des Steigrades bei N. 1 und 2 zu berühren Fig. 2. In diesem runden Lappen ist ein Einschnitt, so daß die Zähne des Rades frei in denselben fallen können. Die Fläche oder der Einschnitt des Lappen ist vorgestellt, als ob er sich von einer Lage bewegt habe, welche gegen die Spitze des Zahns 2 nach 1 geht, so wie der Zahn 1 des Rades darauf wirkt. An der andern Seite und dicht an diesem runden Lappen befindet sich ein stählerner Lappen N in Form einer Schnecke, welche neue Einrichtung ein Schneckenlappen genennt werden kann. In diesem Lappen ist nahe in der Mitte ein kleiner Schwalbenschwanz geschnitten, worin ein kleiner Lappen von Rubin befestiget wird: er steht genau gegen die Fläche des Einschnitts des runden Lappen M, oder gegen die Spitze des Zahns 1 des Steigrades. Ueber diesen Schneckenlappen liegt der Putzen O Fig. 1. woran das untere Ende der helikalischen Erneuerungsfeder R mit einem Stifte befestiget wird, deren oberes Ende mit einem Theile verbunden ist, der auf den Steg H nahe bei W geschraubt worden. An die nämliche Welle der Erneuerungsfeder, aber an der untern Seite der hintern Uhrplatte, wird der Lappen L angeschroben; man kann ihn den Antriebslappen nennen, weil, wenn die Erneuerungsfeder ausgehoben wird, er diese Bewegung der Unruhe mittheilt, indem er auf den Lappen K stößt, welcher auf dessen Welle sich befindet. Ich merke hier noch an, daß die Erneuerungsfeder, nebst ihrem Putzen O, die Schnecke N mit ihrem kleinen Lappen von Rubin, der runde Lappen M, und der Antriebslappen L, welches alles an der nämlichen Welle W V sich befindet, sich sämmtlich mit einerlei Geschwindigkeit rück- und vorwärts bewegen werden, und einerlei Entfernung behalten, wie bereits angegeben worden. In Fig. 2. ist a eine Anhaltungsfeder, welche an der obern Seite der hintern Uhrplatte vermittelst einer Schraube und einem festen Stifte n befestiget wird: diese Feder geht gerade nach der Spindel zu, d. i. gegen den Mittelpunkt der Spindel, und kommt derselben sehr nahe. Die Breite und Höhe derselben über der Oberfläche der hintern Uhr-

platte ist Fig. 3. vorgestellt, welche gleich der Höhe des Auslösungslappen I über dieser Platte ist.

An der Seite der Feder a zunächst dem Steigrade ist eine sehr zarte Feder m Fig. 3. vermittelst zweier Stifte nahe bei a befestiget: diese Feder ragt etwas über das Ende der andern vor, und ist daher dem Mittelpunkte der Spindel näher; auch ist nahe am Ende der stärkern Feder ein Lappen von Rubin r befestiget.

Der Steg b Fig. 2. ist auf den Kloben aufgeschraubt, und das Loch bei i eingeschnitten, um den Gang der Stellschraube c aufzunehmen, deren Kopf gegen den Mittelpunkt der Schnecke gelegt wird; der Rubin r der Anhaltungsfeder a ist gemacht, daß er sich gegen die innere Fläche des Kopfs der Stellschraube stemmt, und einen geringen Grad von Elastizität äußert. Diese Stellschraube c ist absichtlich unter einiger Entfernung von ihrem Orte gesetzt, und vermittelst einer punktirten Linie verbunden, weil ausserdem der kleine Lappen vom Rubin r verdeckt geworden wäre, desgleichen die wirkende Fläche des Schnecken, so daß auf diese Art alsdenn ihre Wirkung nicht würde gesehen werden können.

Wenn der Schneckenlappen N von dem Steigrade E gegen die Spindel gebracht wird, wird die Erneuerungsfeder aufgewunden; allein so wie er sich von der Lage, die er Fig. 2. hat, gegen das Steigrad E bewegt, so wird sie losgelassen. Wenn die Erneuerungsfeder aufgewunden wird, so wirkt der geneigte, oder abgerundete Theil der Schnecke auf den geneigten Theil der hintern Seite des Lappen von Rubin r, und drückt hierdurch die Anhaltungsfeder a und den Lappen von Rubin auswärts, oder von dem Steigrade, bis die Schnecke über den Lappen vom Rubin geht; wenn die Anhaltungsfeder wieder an ihren ersten Ort gelangt, so wird der Schnecken gegen das Zurückgehen gehindert, und die Erneuerungsfeder bleibt daher in einem Zustande der Anspannung. Wenn der Auslösungslappen I an der Welle der Spindel von seiner vorigen Lage gegen die andre Seite der Anhaltungsfeder a bewegt wird, so wird die zarte Feder m gehoben, bis sie auf die andre Seite derselben geht, allein ohne auf die Anhaltungsfeder a zu wirken, welche auf den Kopf der Stellschraube stößt, wenn dagegen aber der Auslösungslappen wieder zu seinem Ruhepunkte gelangt, so wird er beide Federn mit sich nehmen; und wenn der Rubin r ausser der Erreichung des Schnecken gehoben wird, so wird die Erneuerungsfeder frei, und bewegt sich mit beträchtlicher Geschwindigkeit gegen das Steigrad.

An der andern Seite des Steigrades E befindet sich gleichfalls eine andre Anhaltungsfeder d, allein ohne eine damit verbundene Feder; auch geht der Lappen, welcher sie hebt, niemals auf diese Seite, welche dem Rade E gegenüber ist: sie wird auf die obere Fläche der hintern Uhrplatte geschraubt, und geht gerade nach

dem Mittelpunkte der Welle des Schnecken, welche sie beinahe berührt. Die Höhe dieser Anhaltungsfeder über der Oberfläche der Platte sieht man Fig. 4. s ist ein Lappen von Sapphir, welcher in dieselbe eingesetzt worden, und der Zahn 3 des Steigrades ist als darauf ruhend vorgestellt. y ist eine Stellschraube, welche die Anhaltungsfeder d näher oder entfernter von der Spindel bewegt, so daß die Zähne des Steigrades 1 und 2 gleichmäßig frei von dem runden Lappen M sein können.

Das Steigrad E bewegt sich in der Richtung des Pfeils Z, und wird daher die Feder d treiben, so wie sie darauf gefallen ist. e ist ein Steg, und f eine Stellschraube, welche in das Ende des Stegs e mit dessen Kopfe gegen den Mittelpunkt des Steigrades E geschraubt wird, worauf denn der Lappen von Sapphir s auf eben die nämliche Art fällt, wie die Anhaltungsfeder a auf die Stellschraube c, und bereits angegeben worden ist. g ist ein kleiner Steg oder Kopf, worin eine Stellschraube sich befindet, die gegen die Einfallsfeder d stößt, wenn sie von dem Steigrade auswärts gehoben wird. So bewege nun irgend eine Kraft das Steigrad in der Richtung des Pfeils Z, so wird alsdenn, wenn der kleine Lappen von Rubin nahe am Mittelpunkte des Schnecken, der gegen die Spitze des Zahns 1 zusteht, die Einfallsfeder d stößt, der Lappen von Sapphir s über den Zahn 3 gehoben werden, so daß das Rad darunter weggehen kann, allein die Fläche des runden Lappen wird alsdenn in eine Lage gebracht, welche gegen den Zahn 2 gerichtet ist; in diesem Augenblicke wird denn das Steigrad auf die Fläche des runden Lappen fallen, und es wieder zurück bis 1 führen, wenn der Schnecken über den Rubin r gegangen sein wird, und hierdurch die Erneuerungsfeder aufwinden.

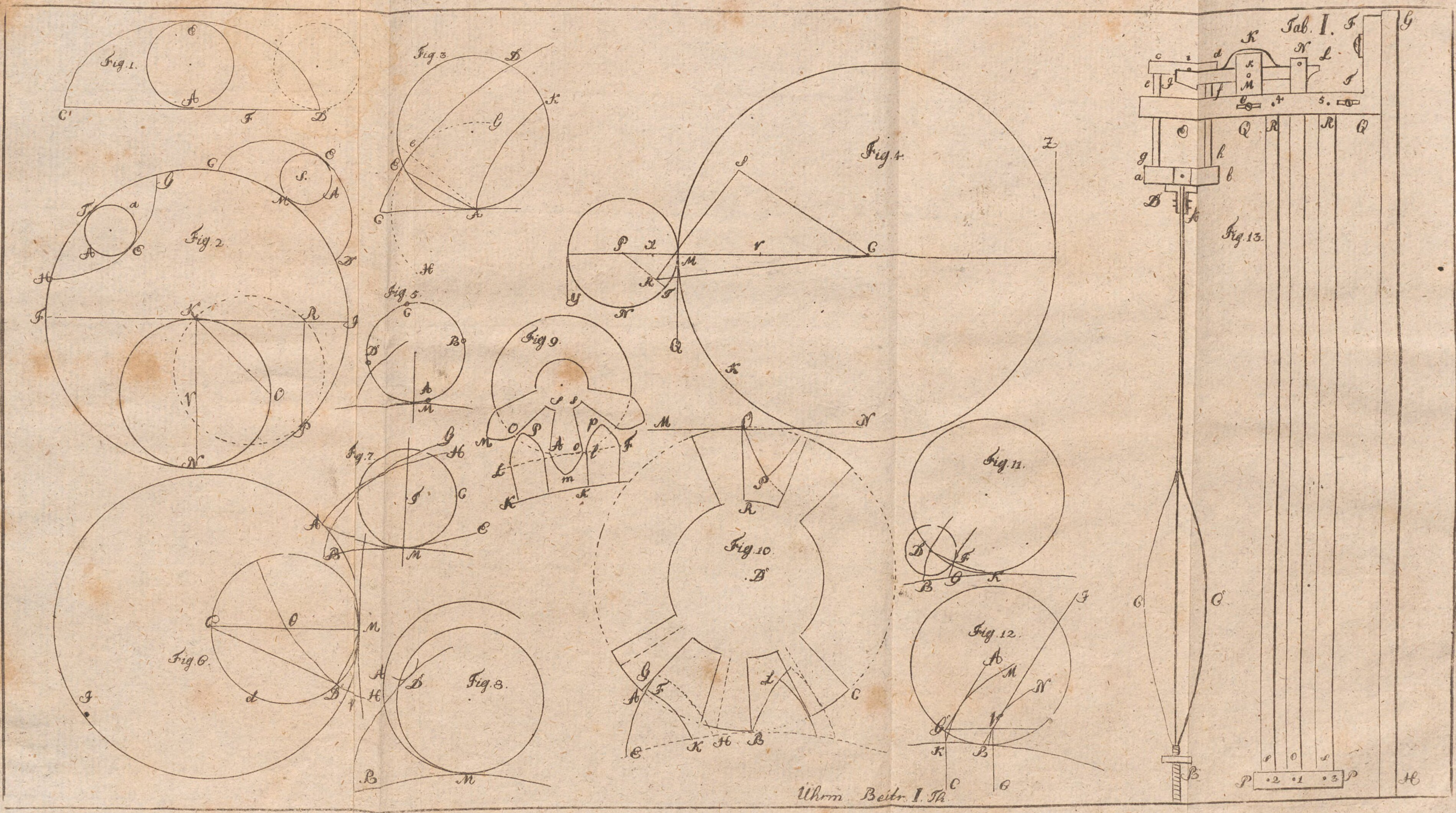
Man sieht hieraus deutlich, daß die Stärke des Zugs hinreichend sein müsse, um die Erneuerungsfeder aufzuziehen, deren Stärke willkührlich vermehrt oder vermindert werden kann.

Nachdem ich nunmehr die vornehmsten Theile der Hemmung besonders betrachtet habe, so bleibt jetzt nur noch übrig, die Wirkung des Ganzen in Verbindung mit einander zu beschreiben. Wenn die Unruhe in Ruhe ist, und die Erneuerungsfeder aufgewunden worden, so wird nunmehr alles im gehörigen Stande sein, wie Fig. 2.; auch müssen wir uns vorstellen, daß das Steigrad sich in der Richtung des Pfeils Z herumbewegt, und daß es gegen den Sapphir s der Einfallsfeder d mit einer Kraft drücke, die derjenigen gleich ist, welche von der Hauptfeder übrig bleibt, nachdem sie durch den ganzen Satz von Rädern gegangen; eben so müssen wir auch ferner noch die Kraft des Steigrades, der Erneuerungsfeder und der Schwere der Unruhe gegen einander abgeglichen voraussetzen: wenn nun in dieser Lage die Unruhe und ihre Feder in Vibration gesetzt werden, so daß der Auslösungslappen l an dessen Welle auf die andre Seite der Einfallsfeder a geht, indem die schwache Feder zugleich mit gehoben wird, bis sie zurückfällt, hingegen wenn der Auslösungslappen zurückgeht, beide Federn des Einfalls a hebt, indem der Rubin r

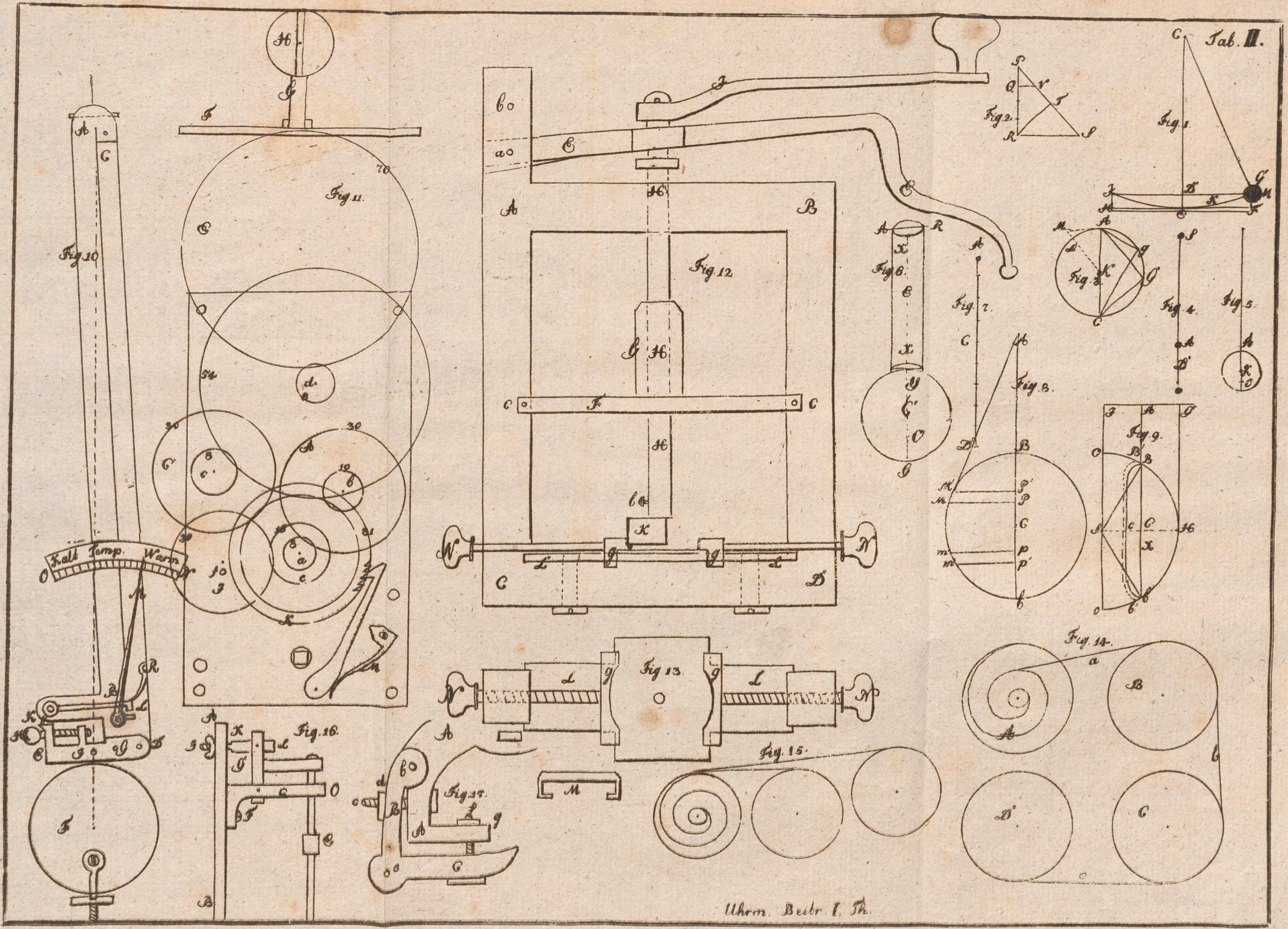
über

über den Schneckenlappen gehoben wird, so wird die Erneuerungsfeder ausgelöset, und der Antriebslappen L, welcher an ihrer Welle befestiget ist, stößt unmittelbar an den Lappen K auf der Welle der Spindel, und nimmt die Unruhe nebst der Pendelfeder mit sich so lange als der Lappen L den Lappen K so weit auf der andern Seite der Linie A B geführt hat, welche die Mittelpunkte verbindet, und sie eben verlassen will. Während dieser Zeit werden der runde Lappen, der Schnecken, und der übrige Apparat, welcher zu der Erneuerungsfeder gehört, vollkommen von dem Steigrade frei gemacht; allein sogleich nachdem die zwei Lappen K und L einander verlassen haben, hat der kleine Lappen von Rubin nahe am Mittelpunkte des Schnecken sich genähert, die Einfallsfeder d ausgehoben, und die wirkende Fläche oder der Einschnitt des runden Lappen wird gegen den Zahn 2 stehen; hingegen der Lappen von Sapphirs der Einfallsfeder d, indem er über den Zahn 3 gehoben wird, läßt den Zahn 2 des Steigrades auf die Fläche des runden Lappen fahren, und führt ihn wieder zurück zu seiner ersten Lage, und windet die Erneuerungsfeder auf. Während der Zeit fährt die Unruhe zufolge des Antriebs, den sie erhalten hat, fort, über den halben Kreis mehr oder weniger, je nachdem man will, von dem Punkte der Ruhe zu vibriren. So wie sie nun wieder zurückgeht, wird sie den Ruhepunkt übergehen, und die zarte Feder in Bewegung setzen, ohne während dem auf die Hinderniß zu stoßen, denn der Antriebslappen L war in dem nämlichen Augenblicke bei Erneuerung der Feder an ihren eigentlichen Ort zurückgeschoben. Die Unruhe geht nunmehr zurück, macht die Erneuerungsfeder frei, welche die Unruhe treibt, und durch den Zug wieder hergestellt wird; auf diese Art geschieht denn die fernere Bewegung weiter.

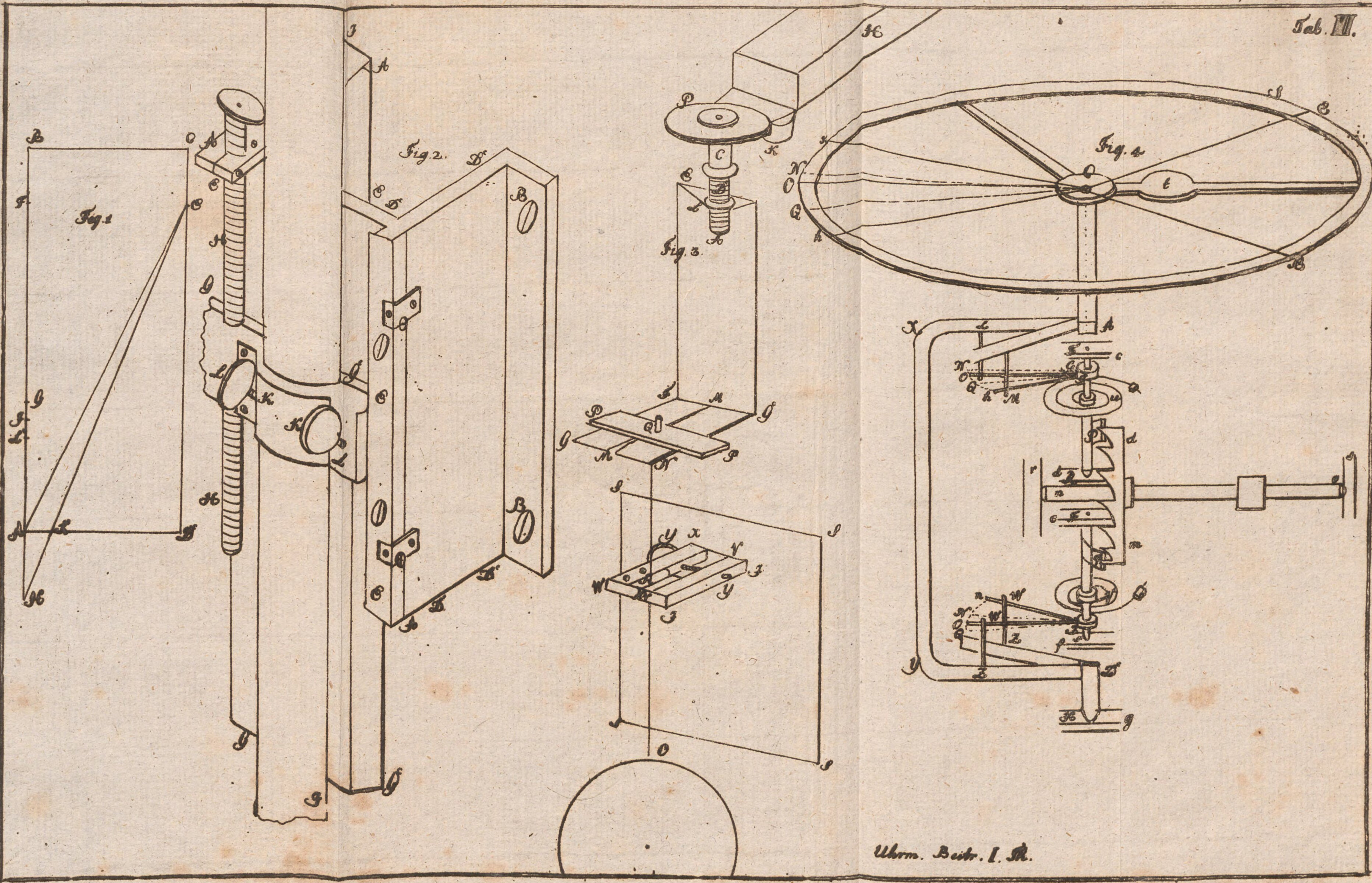
Ob wir indessen schon hier eine Reihe von 9000 Vibrationen innerhalb einer Stunde gewählt haben, so bleibt es jedoch der Willkühr des Künstlers überlassen, geschwindere oder langsamere Vibrationen anzuwenden. Der Zeithalter kann auf 30 Stunden, 50 Stunden oder eine Woche für einen Aufzug gesetzt werden. Die Erneuerungsfeder kann spiralförmig sein, deren Gänge alle in einer und derselben Fläche sind, oder innerhalb der Oberfläche eines Kegels oder Zylinders, und kann von Stahl, Gold, Platina u. s. f. gemacht werden, so wie ferner der Grund der Erneuerung verschiedentlich angebracht werden kann. Anstatt der Einfälle, welche als Federn wirken, kann man es veranstalten, daß sie sich auf Zapfen bewegen, und können denn entweder über der hintern Uhrplatte, oder unterhalb derselben gesetzt werden.


Tab. I.
Fig. 1.
Fig. 2.
Fig. 3
Fig. 4.
Fig. 5
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12.
Fig. 13.
Uhrm Beitr. I. Th.

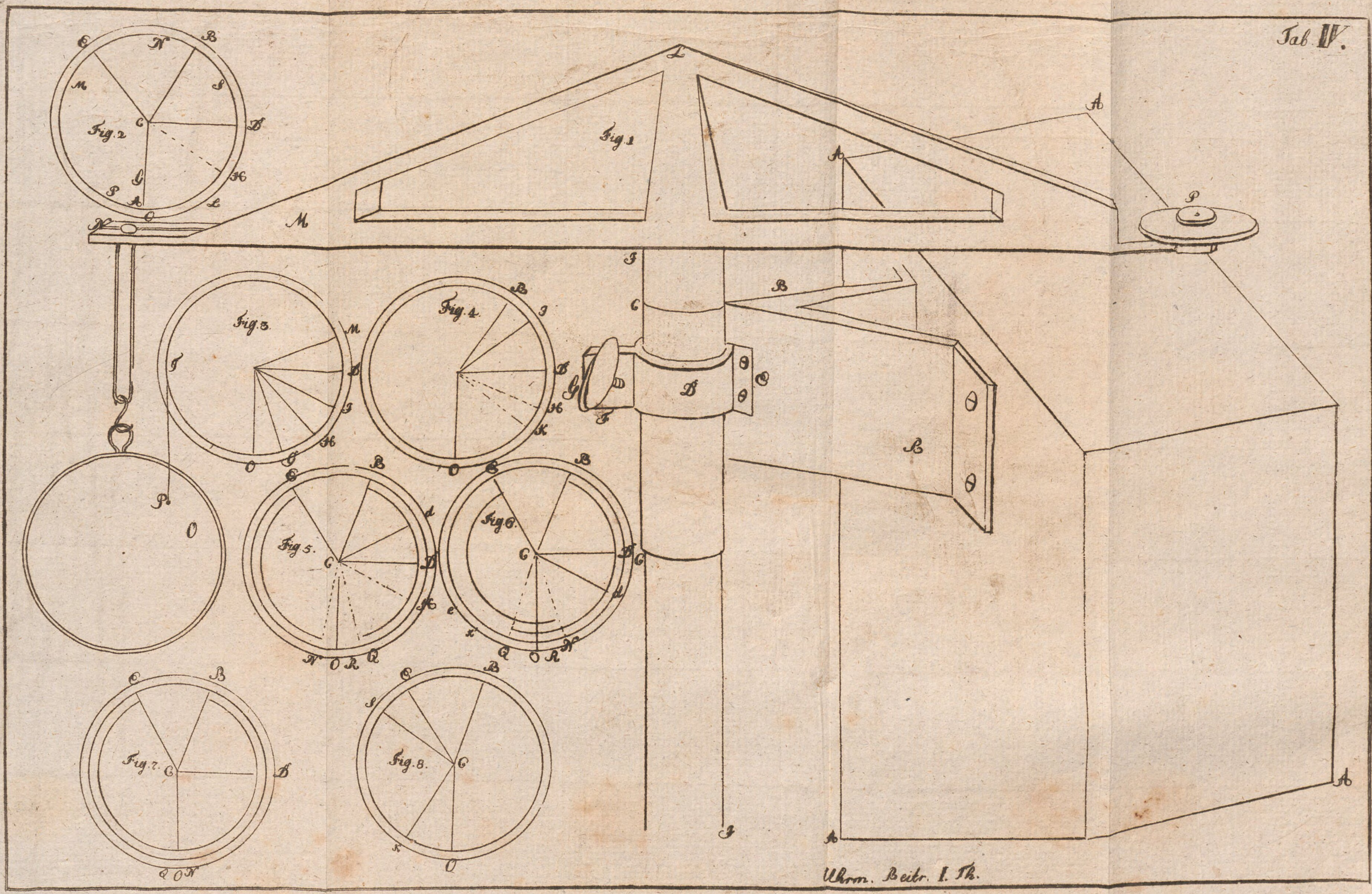
Tab. III.

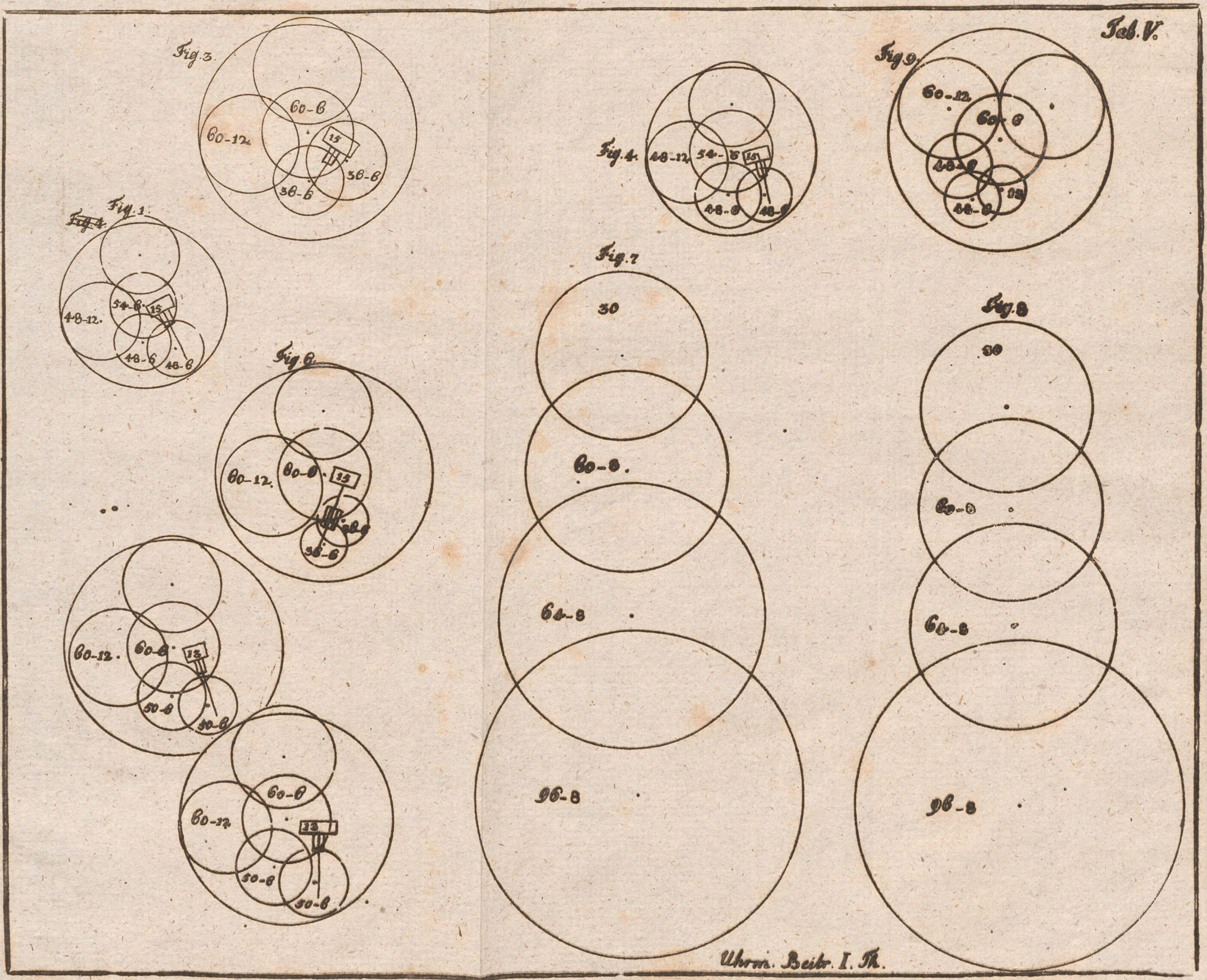


Tab. VII.

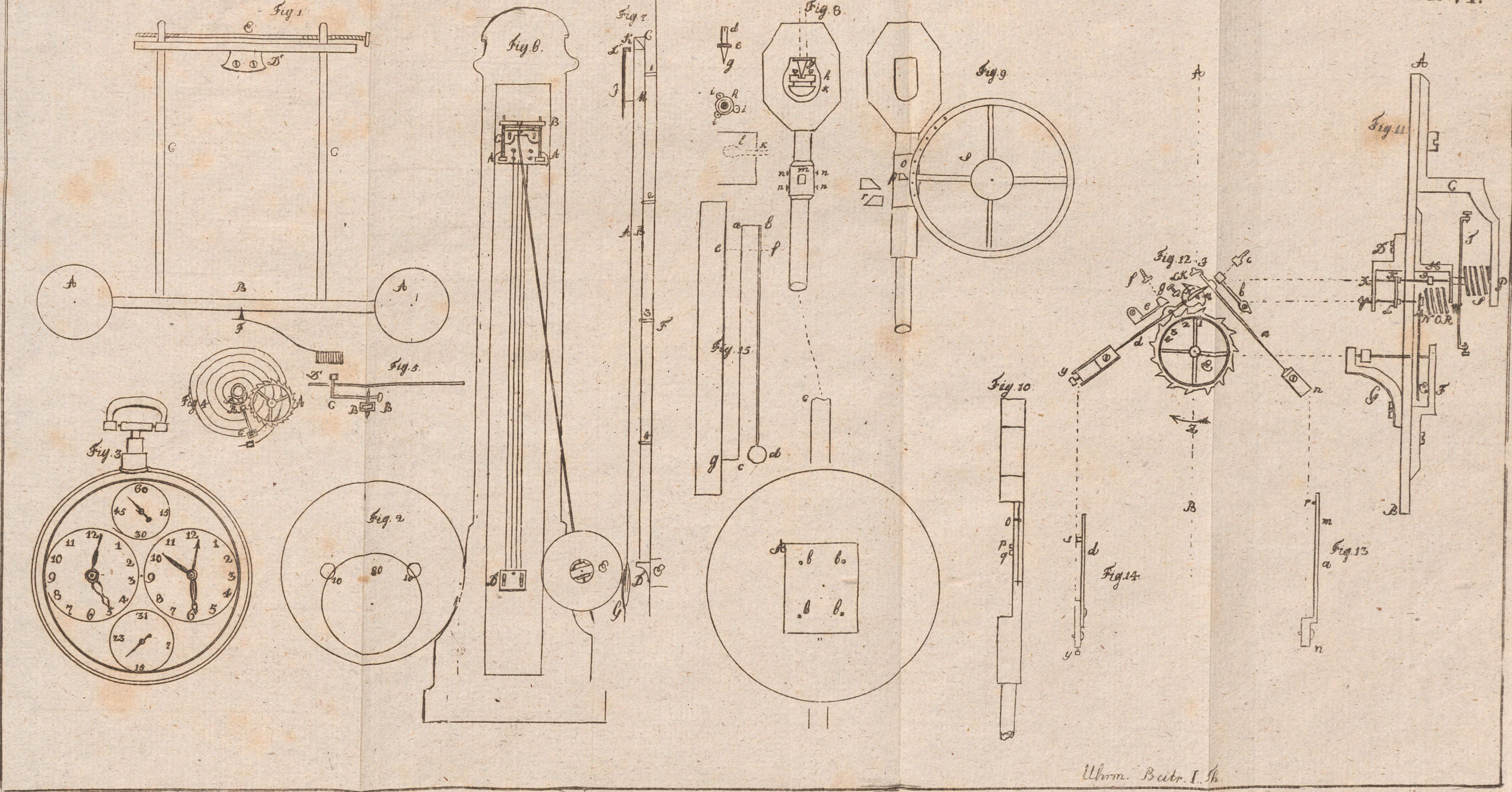



Uhrm. Beitr. I. St.


Tab. IV.
Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
Fig. 7
Fig. 8
Uhrm. Beitr. I. Th.


Tab. V.
Fig. 3.
60-6
60-12
15
36-6
36-6
Fig. 1.
Fig. 4
54-6
15
48-12.
48-6
48-6
Fig. 6.
60-12.
60-6
15
36-6
36-6
60-12.
60-6
13
50-6
50-6
60-6
60-12.
13
50-6
50-6
Fig. 4.
48-12.
54-6
15
48-6
48-6
Fig. 9.
60-12
60-6
48-6
48-6
Fig. 7
30
60-8.
64-8
96-8
Fig. 8
30
60-8
64-8
96-8
Uhrm. Beitr. I. Th.

Tab. VI.




Uhrm. Beitr. I. Th.

Fl : n.v.

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Geisler, Johann Gottlieb

Gemeinnüzzige Beiträge zur ausübenden Uhrmacherkunst; oder Nachträge zum Lehrbegrif der Uhrmacherkunst

Leipzig 1799

4 Techn. 35-10
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10230340-0
VD18 15356094